A/CONF.108/TR.1

مؤتمر الأمم المتحدة لتعزيز التعاون الدولي في استخدام الطاقة النووية في الأغراض السلمية

جنيف ، ٢٣ آذار/ مارس - ١٠ نيسان/أبريل ١٩٨٧

التقارير التقنية*

المجلد الأول

تخطيط الطاقة النووية

---

* ان التقارير التي تتضمنها هذه الوثيقة هي بصورتها التي وردت بها ودون أي تنقيح رسمي . ولا تنطوي التسميات المستخدمة في هذا المنشور ولا طريقة عرض المادة التي يتضمنها على الاعراب عن أي رأي كان من جانب الأمانة العامة للأمم المتحدة بشأن المركز القانوني لأي بلد أو اقليم أو مدينة أو منطقة أو للسلطات القائمة فيها أو بشأن تعيين حدودها أو تخومها .

فهــرس المحتويـــات

V.87-92783(EX)

التعاون الإقليمي – تجربة بلدان الشمال الأوروبي

فرانز ماركوس، الأمين العام للجنة الاتصال
بين البلدان الشمالية بشأن الطاقة الذرية

(الدانمرك، فنلندا، أيسلنده، النرويج، السويد)

١. مقدمـــــــة

منذ ثلاثين عاماً، وبعد تنفيذ برنامج " الذرة من أجل السلم "، ظهرت الطاقة النووية كمصدر للطاقة للمستقبل في بلدان كثيرة. وكانت هناك ميزات واضحة للطاقة النووية : " رخيصة، ونظيفة، ووفيرة "، لكن مخاطرها كانت معروفة أيضاً : " الانتشار، الحوادث، النفايات "

وتتعذر معالجة هذه المسائل بصفة منفصلة على المستوى الوطني وحده. وكان ذلك هو أحد الأسباب التي دفعت إلى إنشاء ***الوكالة الدولية للطاقة الذرية*** وما هو معروف اليوم ب***وكالة الطاقة النووية*** التابعة لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي.

وقررت حكومات بلدان الشمال الأوروبي الخمسة آنذاك إقامة تعاون إقليمي في هذا الميدان الجديد. وكانت هناك بالفعل مراكز للبحوث النووية ومفاعلات بحوث أو كان يجرى إنشاؤها في كل من الدانمرك، والنرويج، والسويد. وانضمت فنلندا إلى الركب في وقت لاحق، بينما لم تشترك أيسلندا إلا بقدر محدود في هذا الجهد .

وفي ١٩٥٧، أنشئت لجنة اتصال من البلدان الخمسة، ونوقش عدد من المبادرات المشتركة.

وتضم بلدان الشمال الأوروبي مجتمعة عدداً من السكان يبلغ ٢٣ مليون نسمة، ومساحتها الكلية تعادل مساحة بيرو أو أثيوبيا. وتمتد جذور التعاون بين بلدان الشمال الأوروبي في التاريخ وفي اللغات الاسكندينافية المتقاربة، وكذلك في أسلوب الحياة المشترك، والنظم التعليمية والاجتماعية، والروابط التجارية الوثيقة، وتقاليد الاتصالات الوثيقة في عدد كبير من المجالات.

ولم يوضع مخطط تنظيمي رسمي لبلدان الشمال الأوروبي إلا خلال السنوات الأخيرة الـ ١٥، بإنشاء المجلس الوزاري لبلدان الشمال الأوروبي وعدد من لجان الموظفين المدنيين. وفي عام ١٩٨٠، أنشئت في إطار هذا النظام لجنة لسياسة الطاقة. وهناك أيضاً لجنة لحماية البيئة أظهرت اهتمامها مؤخراً بالمسائل المتصلة بالطاقة النووية.

واتبعت لجنة الاتصال بين بلدان الشمال الأوروبي بشأن الطاقة الذرية نهجاً عملياً خلال فترة وجودها التي بلغت ٣٠ سنة. وتؤسس اللجنة عملها على الاتجاهات السائدة في البلدان المشاركة، وتحاول تعيين مجالات الاهتمام المشترك. وهي من ثم تحث الهيئات المسؤولة في البلدان المشاركة على الإسهام بصورة مشركة في تنظيم محفل عمل مناسب. وقد يتخذ ذلك شكل أنواع متنوعة من الأفرقة العاملة، أو أعمال المشاريع المشتركة، أو الترتيبات التجارية، أو الاتفاقات الحكومية، أو تأسيس منشآت مشتركة.

وتغيرت تطلعات مختلف البلدان فيما يتعلق بالطاقة النووية مع الزمن، وينعكس ذلك في شكل ومدى التعاون الذي يمكن تحقيقه.

وفيما يلي وصف موجز لبعض المراحل الرئيسية لهذا التعاون، إلى جانب بعض الملاحظات التي قد تفيد عند تخطيط مخططات مماثلة فيما بين البلدان التي تنتمي للإقليم نفسه.

٢. مراحـــل التعـــاون المبكرة . أسئلة دوليــــة

خلال الفترة الأولى التي انتهت في نحو عام ١٩٧٠، كان الموضوع الرئيسي هو الجوانب الدولية للطاقة النووية. ومن خلال مشاورات سابقة، وضعت البلدان الخمسة خططها للعمل، على سبيل المثال في الوكالة الدولية للطاقة الذرية، حيث شغلت في تلك الفترة مقعداً في مجلس الوكالة. وكانت المسائل والسياسات الدولية دائماً مجالاً أفاد منه الوزراء المسؤولون من اتصالاتهم الشمالية.

ومتى نشأ تقليد للاتصالات غير الرسمية فيما بين المشتركين في المسائل التي تثار في المحافل الدولية، أصبح من السهل توفير الشكل المناسب في كل حالة على حدة.

وكمثال للمبادرات، يمكن ذكر مسألة تبادل المساعدة في حالة أحداث التشعع. وفي مطلع الستينات، خططت بلدان الشمال الأوروبي نظاماً اسفر عن وضع اتفاقية مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية وقعت في عام ١٩٦٣.

وخلال تلك الفترة المبكرة، برز عدد من الافكار الطموحة أيضاً، من قبيل إنشاء مصانع مشتركة لإنتاج الماء الثقيل، لوحدات شمال أوروبية أو أوروبية لتخصيب اليورانيوم وإعادة معالجة الوقود المستهلك، بل ووضع خطط لتصدير مفاعلات القوى النووية. غير أنه لم ينجز أي من هذه الأفكار.

٣. البحـث والتطـويــــر

وفي الفترة التالية، أي خلال عقد تقريباً إبتداء من ١٩٧٠ إلى ١٩٨٠، عندما تم تشغيل مراكز بحوث كبرى لكل منها برنامجه الوطني، عملت أربعة من هذه البلدان معاً في لجنة تنسيق خاصة. ولما كانت اتجاهات البحث والتطوير متشابهة في البلدان، فقد أمكن تنظيم عدد كبير من المشاريع المشتركة بين مراكز البحث فيما يتصل بمفاعلات البحوث، والاستخدام الصناعي للإشعاع، وإنتاج النظائر واستخدامها، وفيزيائيات المفاعلات، وبحوث المواد، والنفايات المشعة، إلخ.

وكمثال للتعاون الناجح نذكر العمل المشترك الذي أدى إلى تحسين فهم الآليات التي تحكم تبريد عناصر الوقود بمخاليط الماء والبخار في قلب المفاعل. وتضمنت أعمال بلدان الشمال تطوير النظريات إلى جانب التجارب. وقد وضعت هذه الأعمال فريق بحوث بلدان الشمال الأوروبي في مركز قوي على المستوى الدولي. وعندما تحول الاختبار الأمريكي لفقدان المائع، المسمى برنامج لوفت (LOFT)، إلى مشروع دولي، كان بوسع بلدان الشمال الأوروبي أن تشارك فيه كفريق واحد، بالمعارف التي اكتسبتها معاً.

كان كل مركز بحوث يمول إسهامه الخاص في المشاريع المشتركة. وخلال تلك الفترة، أنشئت شبكة اتصالات أثبتت فائدتها لعدة سنوات فيما بعد عندما تحول الاهتمام في مراكز البحوث إلى مجالات أخرى في بحوث الطاقة.

٤. القــوى النوويــــة

اتضحت حتى قبل نهاية هذه الفترة التي ساد فيها تعاون مكثف في مجال البحوث اختلافات واضحة بين الطموحات النووية لدى مختلف بلدان الشمال الأوروبي. ففنلندا والسويد شرعتا في تحقيق برامج طموحة للقوى النووية بحيث يصبح نصف إنتاج الكهرباء في كل منهما أو أكثر نووياً. وفي الوقت نفسه، لم تتخذ قرارات، أو اتخذت قرارات سلبية بشأن القوى النووية في البلدان الأخرى.

وتكثف التعاون فيما بين منتجي الكهرباء في بلدان الشمال الأوروبي خلال تلك الفترة. وتم تعزيز الشبكة الكهربائية داخل وفيما بين البلدان لإتاحة استخدام أفضل لنظام الإنتاج المجمع الذي يتضمن وحدات مائية ونووية ووحدات تشغل بالفحم. وحددت في هذا التعاون «الشمالي» قواعد بسيطة لحساب تكلفة القوى الفائضة التي تقدم لبلد آخر، وذلك للسماح بتحقيق أفضل استخدام لنظام الإنتاج المجمع.

واكتسب مهندسون نوويون كثيرون في المنطقة الشمالية خبراتهم الحقيقية الأولى في مجال القوى النووية عندما أنشأ مجلس الطاقة الحكومي السويدي مركزاً شمالياً «لتبادل الخبرات» مع العمل في موقع أول محطة للقوى

النووية في السويد. وكان ذلك أسلوباً فعالاً للإفادة من المهارات القائمة ومواصلة تطويرها لفائدة جميع المشاركين. ويمكن مقارنة روح التعاون التي تولدت في تلك الفترة مع روح البحث المشترك التي تعززت في جميع أنحاء منطقة اسكنديناڤيا من خلال مشروع هالدن.

واستمر التعاون فيما بين شركات القوى النووية في فنلندا والسويد بوسائل مختلفة. وعلى سبيل المثال، أنشأت هذه الشركات مصرفاً مشتركاً للبيانات عن أداء المعدات، أو في التخطيط المشترك لفترات الفحص الشامل لجميع محطات القوى النووية في البلدين. وترتب على ذلك تحقيق أفضل استخدام للقوى العاملة والمقاولين، وتأمين الإنتاج الكافي للقوى في الشبكة طوال فترة الفحص الشامل.

٥. السلامة والحماية من الإشعاعات

كان من الضروري أن تستوفي المنشآت النووية القائمة في منطقة جغرافية بعينها معايير السلامة التي قبلتها جميع بلدان الإقليم. وكان ذلك من الأمور المسلم بها في مرحلة مبكرة في اسكنديناڤيا. واتخذت مبادرتان رئيسيتان في هذا المجال.

كانت الأولى هي التفسير المشترك لمبادئ الحماية من الإشعاعات – وهو جهد عجَّل به وصول السقط النووي من اختبارات القنابل الجوية إلى شمال اسكنديناڤيا في أوائل الستينات، مما أسفر عن مستويات عالية من النشاط الإشعاعي في سلاسل التغذية التي يدخل فيها حيوان الرنة. واستمر هذا العمل بعد ذلك في معاهد الحماية من الإشعاعات وعن طريق تبادل نتائج البحوث في إطار جمعية مهنية شمال أوروبية للحماية من الإشعاعات.

وكانت المبادرة الثانية تتعلق بمضمون تقارير السلامة التي كان يتعين تقديمها للسلطات المختصة كجزء من إجراءات الترخيص. وخلال عدة سنوات انكب فريق شمال أوروبي يضم خبراء في المسائل القانونية التنظيمية على دراسة المسائل المتعلقة بتقارير السلامة، والمعايير، والطرق الاحتمالية والحتمية، إلخ. وكانت لهذا النشاط قيمة أساسية بالنسبة للسلطات المسؤولة عن السلامة في كل من البلدان المعنية.

وواصل كثير من المشتركين في العمل في مجال معايير ومستويات السلامة خلال تلك الفترة المبكرة أعمالهم إما في إطار الهيئات القانونية التنظيمية أو في إطار الصناعة النووية. وهذا هو أحد العوامل التي تسهم في العلاقات الممتازة الحالية في اسكنديناڤيا بين السلطات ومتعهدي التشغيل في الميدان النووي – وهي علاقات يمكن وصفها بالتعاون لا بالمجابهة بين متعهد التشغيل والمنظِّم .

لقد أثير السؤال بشأن المحطات النووية القائمة بالقرب من الحدود الوطنية أثناء تكوين وجهات النظر المشتركة بصدد قواعد السلامة. وتم التوصل في أوائل السبعينات إلى اتفاق شمال أوروبي يلزم «البلد الباني» بتقديم

المعلومات ذات الصلة للبلد المجاور ودراسة أي اعتراضات أو ادعاءات من ذلك البلد على قدم المساواة مع أي اعتراضات وطنية في داخل البلد الباني. وأصبح هذا الاتفاق المسمى «اتفاق حدودي» فيما بعد جزءاً من اتفاقية شمالية أشمل بشأن جميع الأضرار التي تتجاوز الحدود.

٦. إدارة النفـايـات

تغير الاهتمام بالنفايات المشعة في بلدان الشمال الأوروبي من مجرد الجانب التقني المحض ليصبح مؤسسياً، بل إنه الآن أصبح ذا طابع سياسي. وقد تطورت أشكال التعاون تبعاً لهذا التغير. ومن المهم بصورة رئيسية أن تتطور المفاهيم والمتطلبات الأساسية بشكل مماثل لدى مختلف الأطراف المعنية : السلطات المسؤولة عن السلامة والحماية من الإشعاعات، والباحثين، والصناعة النووية.

سبق أن حدد فريق عامل شمال أوروبي الأهداف والنهج الرئيسية لإدارة النفايات. وتركز تنسيق البحوث على النفايات ذات النشاط المنخفض والمتوسط، التي تنشأ في جميع البلدان، بغض النظر عن وجود أو عدم وجود محطات للقوى النووية فيها. وقد أجريت كذلك دراسة شاملة لنفايات المفاعلات في بلدان الشمال الأوروبي كجزء من برنامج بحثي مشترك.

وعقد عدد من الندوات عن النفايات في بلدان الشمال الأوروبي كانت لها أهمية أساسية في توليد روح المساعي المشتركة. ونشأ نوع خاص من الاجتماعات : "محفل الاتصالات بشأن النفايات" في بلدان الشمال الأوروبي، تقدم فيه كل منظمة أو مجموعة بحثية أعمالها الجارية خلال بضع دقائق، بحيث تنشأ بعد ذلك اتصالات أوثق بشكل مباشر فيما بين الباحثين العاملين في دراسة المشكلات نفسها. وأصبح الدليل الشمالي للمشاريع الجارية في مجال النفايات يشكل إسهاماً بارزاً في "مستخلصات الوكالة الدولية للطاقة الذرية لبحوث إدارة النفايات"، وهي مطبوع يصدر في الوقت الحاضر بصفة منتظمة كل عام.

إن مسألة الخدمات التقنية المشتركة في مجال النفايات في المنطقة بأكملها قد أثيرت منذ وقت بعيد. إذ قام فريق شمال أوروبي خاص بالنقل بتقييم متطلبات نقل النفايات وملاءمة لوائح النقل الدولية. وتولدت عن ذلك وجهات نظر طرحت للمناقشات التي تتناول لوائح النقل الدولية. ويجري حالياً تبادل مفيد للمعلومات فيما بين المسؤولين عن تصميم وتشغيل المستودعات، وفيما بين الوكالات المسؤولة عن سياسات ومراقبة النفايات. ولم تمكن التطورات حتى الآن من إنشاء مستودعات عبر وطنية.

٧. أعمال المشاريع المشتركة في مجال السلامة

تغيرت الشروط الأساسية لتنسيق أعمال البحث والتطوير بمرور الزمن. فبعد الفترة الأولية التي شهدت تمويلاً عاماً، لجأت مراكز البحوث النووية إلى تسويق خدماتها مع الاتجاه إلى تحصيل رسوم عن هذه الخدمات. وفي الوقت نفسه، اتسعت أنشطتها في مجال البحث والتطوير لتمتد إلى بحوث الطاقة الأخرى، مما أدى إلى تحول مراكز البحوث إلى معاهد عامة للطاقة.

وتركزت الأعمال المشتركة خلال السنوات العشر الأخيرة في مجال واحد ذي أهمية مشتركة لجميع البلدان. ويتصل هذا المجال بسلامة المنشآت النووية - بمعناها الواسع - وإلى نقل المعارف إلى المناطق غير النووية - كهدف ثانوي.

ويتطلب البحث والتطوير عبر الوطني تمويلاً خاصاً لكي يتنافس مع المشاريع الوطنية. ولما أصبحت مصادر التمويل الوطنية أكثر ندرة في السبعينات، وجد الحل في ميزانية المشاريع التي يضعها المجلس الوزاري لبلدان الشمال الأوروبي. وعلى الرغم من أن المساهمات من هذه الميزانية صغيرة بالمقارنة عل سبيل المثال مع الأموال المناظرة التي تخصصها الجماعة الأوروبية، فإن هذه المساهمات كانت كافية لإثارة اهتمام عظيم ببرنامج السلامة الشمالي. ولضمان استخدام الأموال الشمالية لتمويل المشاريع عالية الجودة وحدها، تقدم مساهمات وطنية ذات أهمية متساوية بصفة عامة.

وكمثال لبرنامج شمال أوروبي في مجال السلامة نذكر البرنامج الذي يتعلق بالتعويل على الإنسان وتكنولوجيا المعلومات. وبدأ هذا البرنامج منذ سنتين بطرح سؤال عن أسلوب تجنب أخطاء متعهد التشغيل في تفسير المؤشرات التي تبينها لوحات التحكم. واستمر البرنامج - في وقت يتزامن تقريباً مع وقوع حادث جزيرة ثري مايل أيلند - في تقييم وسائل تحسين إمكانيات التعويل على متعهدي التشغيل. وبدأت قبل حادث تشرنوبيل مرحلة ثالثة من العمل لدراسة نوع المعلومات المطلوبة لمختلف صانعي القرارات المسؤولين أثناء حالة الطوارئ التي تعقب وقوع حادث في مفاعل ما.

ووجد أن العمل في مشاريع مشتركة في المجالات المتصلة بالسلامة هو طريقة ممتازة لتشجيع التعاون وتوليد نتائج ذات أهمية. كما أن تزايد وعي الجماهير بالمخاطر المرتبطة باستخدام القوى النووية وسائر مصادر الطاقة قد أكد أهمية هذا النوع من البحوث.

٨. الآثـــار البيئيـــة

كانت الآثار البيئية دائماً محل اهتمام في المسائل المتصلة بالطاقة النووية. وقد اتسع نطاق المشاركة في هذا

الاهتمام وأعطى أولوية كبيرة في السنوات الأخيرة.

والمقارنة بين الطرائق المستخدمة في البلدان المتجاورة، وتبادل معايرة أجهزة القياس يفيدان بصفة خاصة عند التحضير لمواجهة حالات الحوادث التي قد تشمل عدة بلدان. وقد كان تبادل معايرة الأجهزة بنداً هاماً في برنامج الإيكولوجيا الإشعاعية في بلدان الشمال الأوروبي. وهنا أيضاً أجريت معايرة لمستويات تركيز الإشعاع في البحار المحيطة بالبلدان، نتيجة للانبعاثات أو السقط النووي فيما يتعلق بانتشار المواد المشعة.

ومن المبادرات المشتركة الأخرى المقارنة بين الطرق المستخدمة في حساب التشتت الجوي للإشعاعات وجرعات الإشعاع التي تعقب وقوع الحادث. واستخدمت الحسابات لتحديد عواقب انطلاق الإشعاعات من محطة قوى نووية معينة تقع بالقرب من حدود في اسكنديناقيا. ومن المقرر اختبار صلاحية نماذج انتقال جوي بعيدة المدى في مشروع شمال أوروبي تستخدم فيه بيانات من حادث تشرنوبيل.

وسرعان ما تقرر اتخاذ عدد من الإجراءات الأخرى بعد حادث تشرنوبيل بفضل الاتصالات التي كانت قائمة من قبل. وهكذا أنشئت قاعدة بيانات شمال أوروبية تتضمن قياسات الإشاعات لخدمة أغراض البحوث بعد تشرنوبيل.

وفيما يتصل بالاتفاقية الدولية بشأن الانذار المبكر والاتفاقات الشمالية الثنائية التكميلية، ستبدأ برامج مشتركة جديدة في مجالات من قبيل تبادل المعلومات قي الحالات التي ترصد فيها مستويات إشعاع مرتفعة.

٩. ملاحظـــات ختاميـــة

مما يميز التعاون الإقليمي المشروح أعلاه أنه كان بالإمكان إيجاد أشكال عمل مناسبة على نحو جيد للمساعي المشتركة في مختلف مراحل التطور. وهذا هو الحال على الرغم من أن كلا من البلدان المعنية حدد أهدافه الخاصة التي تباينت بشدة في طموحها.

ويوضح مثال بلدان الشمال الأوروبي أن فترة طويلة تمر منذ لحظة اتخاذ القرار إلى أن يبدأ العمل في المجال النووي. إذ ينقضي وقت طويل لبناء الخبرة وتكوين السلطات المختصة، وإنشاء الهياكل التنظيمية، وتشييد المرافق، حتى تصبح البنية الأساسية متاحة. وعندئذ فقط يحين وقت بدء العمل، على سبيل المثال، للاستخدام العام لمصادر الإشعاع – أو، في أقصى الحالات، تشغيل نظام لإنتاج القوى النووية.

وفي هذه الأثناء، لابد من اجتياز عدد من المراحل. وهنا يمكن أن تكون للترتيبات الدولية قيمة عظيمة، وبخاصة العمل الذي تنظمه الوكالة الدولية للطاقة الذرية. ويمكن تحقيق فوائد عظيمة من الترتيبات الإقليمية في تجميع

جهود التنمية، والتشاور حول السياسات والحلول العملية، وتوفير الفهم المتبادل والمساعدة المتبادلة عبر الحدود وعبر خطوط المسؤولية.

وتوحي تجربة بلدان الشمال الأوروبي بضرورة استيفاء عدد من الشروط لتحقيق الاستفادة الكاملة من مخطط التعاون الإقليمي.

- *أولاً*، لابد أن يتوفر دعم سياسي واضح وإعادة النظر باستمرار في أولويات التعاون.
- *ثانياً*، لابد من إيجاد أشكال مناسبة لتحقيق التعاون. ويمكن تحقيق أكبر كفاءة ومرونة إذا استبعدت البيروقراطية والتقليل من حجم أي تنظيم مركزي.
- *ثالثاً*، لابد أن يكون هناك شكل ما من الاقتناع الشخصي أو الجزاء غير المباشر – من قبيل زيادة الإدراك المهني – لدى الأشخاص الذين يسهمون في أعمال التعاون، من أجل تأمين اهتمامهم والتزامهم.
- *وأخيراً*، لابد من تأكيد الاتصالات في عدة مستويات بحيث يمكن إقامة شبكة من العلاقات الشخصية تستمر عبر الحدود ومجالات المسؤولية. ومن المهم أن يصبح العاملون المشاركون فعلياً في مجالات الاهتمام المشترك جزءاً حقيقياً من النظام المشترك.

وهناك عدد من الأوضاع المختلفة المتوفرة لتشكيل إطار حول العمل المشترك، استخدمت في مختلف مراحل التنمية في حالة بلدان الشمال الأوروبي. وتشترك هذه الأوضاع جميعها في أنه يجب أن يكون هناك مناخ مناسب لقيامها، بما في ذلك توفر الأموال.

وقد كان من الممكن في المخطط الشمالي خلال فترة طويلة العمل بدون وجود تنظيم مركزي، وذلك عن طريق توزيع المسؤوليات بين المشاركين الفعليين، بالاستعانة بشخص واحد مهمته الرئيسية التأكد من اتخاذ مبادرات جديدة عند الاقتضاء ومتابعة تنفيذ هذه المبادرات.

وختاماً للقول، جدر الإشارة إلى أن على الرغم من أن مخطط التعاون الإقليمي يمكن أن تكون له فوائد عديدة، فإنه نادراً ما يحل محل أي مهام وطنية. فهذه المهام تعالج في لحظة اتخاذ القرارات بطريقة خاصة بكل بلد على حدة، ولكن يؤمل أن يكون ذلك على أسس مشتركة توضع معاً فيما بين الشركاء.

دور الكهرباء النووية في فرنسا من وجهة نظر الطاقة والاقتصاد

(فرنسا)

نظراً لتعرض فرنسا للتأثر بإمدادات الطاقة اللازمة لها، اضطرت إلى حد ما إلى تنمية القوى النووية. ويمكن الآن اعتبار الخيار النووي الذي اعتمد في عام ١٩٧٤ خياراً ناجحاً، سواء من حيث التشغيل نفسه أو من حيث اسهامه في شبكة الكهرباء الفرنسية، وكذلك من حيث تأثيره الإيجابي في الاقتصاد الوطني. وتوفر مصادر القوى النووية الفرنسية اليوم فرصة ينبغي استغلالها على نحو تام عن طريق استحداث تطبيقات كهربائية عديدة اقتصادية في تكلفتها.

أولاً– برر تعرض فرنسا للتأثر بدرجة عالية بإمدادات الطاقة الخيار النووي

ينتج تأثر فرنسا بإمدادات الطاقة بصورة رئيسية من نقص المصادر الأولية للطاقة. فبينما تستهلك فرنسا نحو ٣ بالمائة من إجمالي الطاقة العالمية، تنتج ١ بالمائة فقط من ذلك الإجمالي، ولا تتجاوز الاحتياطيات الفرنسية ٠,١ بالمائة من إجمالي الاحتياطيات.

وأنواع الوقود الأحفوري نادرة بصفة خاصة في فرنسا. فليس هناك سوى القليل جداً من النفط (احتياطي قدره ٣٠ ميغاطن وإنتاج سنوي بمعدل ٣ ميغاطن)؛ وهناك كميات معتدلة من الفحم (٤٥٠ ميغاطن)، لكن متوسط تكلفة إنتاجه مرتفعة جداً، واحتياطيات من الغاز الطبيعي قاربت مرحلة النضوب الأخيرة.

وبالمقارنة، فإن هناك مصادر أخرى أكثر وفرة – طاقة القوى المائية، التي تستخدم حالياً استخداماً كاملاً تقريباً، وهي تنتج ٧٠ تيراواط ساعة من الكهرباء؛ ومصادر الكتلة الحيوية، وهي تمثل ١٤ مليون هكتار من أراضي الغابات، واليورانيوم الفرنسي، وهو يشكل ٣ بالمائة من الاحتياطي العالمي.

إن هذا الوضع الجيولوجي لفرنسا، غير المواتي إلى حد ما، يعني أن هناك تعرضاً للتأثر الطاقي، وبالتالي للتأثر الاقتصادي، مما برر الإجراء الاختياري الذي اتخذ على مستوى سياسة الطاقة إبان أزمتي النفط في ١٩٧٣ و١٩٧٩، والذي استهدف في الأصل تقليل التبعية المفرطة في مجال الطاقة.

الاستقــلال الطــاقــي

نظراً لقلة الموارد وبالتالي كون فرنسا مستورداً للطاقة، فإن تنمية فرنسا كانت تقوم من حيث المنطق خلال الستينات على النفط الرخيص، الذي كان يشكل ٢٥ بالمائة من مجموع إمدادات فرنسا في عام ١٩٦٠، وبلغ ٧٠ بالمائة في عام ١٩٧٣.

وبلغت نسبة التبعية الطاقية عموماً ٧٨ بالمائة في ١٩٧٣، وكانت لاتزال مرتفعة، ٧٥ بالمائة، في عام ١٩٧٩، مما جعل فرنسا أحد البلدان الصناعية الأشد اعتماداً على الطاقة المستوردة، إلى جانب اليابان وإيطاليا، وتفوق كثيراً اعتماد جمهورية ألمانيا الاتحادية والولايات المتحدة وبريطانيا العظمى.

وقد كانت لهذه التبعية، الشديدة الخطورة من وجهة النظر الاستراتيجية نظراً لانها تقوم بصورة أساسية على شكل واحد للطاقة، آثار اقتصادية مباشرة على فرنسا أيضاً - إذ أدت الأزمتان النفطيتان، إلى جانب زيادة أسعار الدولار، التي كانت لها أثر يعادل أثر أزمة نفطية حقيقية ثالثة، إلى أرتفاع تكلفة الطاقة الوطنية من ٤٠×٩١٠ فرنك فرنسي في ١٩٧٠ إلى نحو ٢٠٠×٩١٠ فرنك فرنسي في عام ١٩٨٢، أي إلى ما يصل إلى نحو ٦ بالمائة من الناتج القومي الإجمالي في فرنسا و ٢٣ بالمائة من قيمة إجمالي تجارة صادراتها. وكان ذلك يمثل عبئاً ثقيلاً على الاقتصاد، وعاملاً رئيسياً في الميزان التجاري في غير مصلحة البلد، دعا إلى إجراء تعديلات هامة في السياسات أثرت تأثيراً ضاراً في النمو.

الحاجة إلى تنميــة الطاقــة النوويــة

إزاء المخاطر الاقتصادية والاستراتيجية الناجحة من التبعية الطاقية، اضطرت الحكومات الفرنسية المتتابعة إلى اعتماد سياسات طاقية اختيارية موجهة نحو أولويتين هما :

- ***فيما يتعلق بالطلب***، ساعدت على تقليل عنصر الطاقة في النمو الاقتصادي عدة تدابير لمراقبة الطاقة تولى تنظيمها جهاز أنشئ لهذا الغرض هو الوكالة الفرنسية لمراقبة الطاقة. وكانت النتائج إيجابية إلى حد بعيد، وقد أصبحت فرنسا اليوم بين البلدان ذات المعدل الأدنى لاستهلاك الطاقة لكل وحدة ثروة متولدة.

- ***فيما يتعلق بالإمداد***، كانت هناك حاجة إلى تقليل دور النفط عن طريق تحسين الأمن الاستراتيجي لحالة الإمدادات. واتبع لهذا الغرض مساران للعمل :

(أ) تنويع الإمدادات الأجنبية : تنويع مصادر الطاقة عن طريق زيادة نصيب الغاز الطبيعي والحد من هبوط الفحم بقدر الإمكان؛ وتنويع البلدان الموردة - كانت نسبة ٧٠ بالمائة من النفط المستورد في عام ١٩٧٣ تأتي من الشرق الأوسط.

تنمية الإنتاج الوطني للطاقة : كان الخيار في هذه الحالة محدوداً بسبب نقص موارد الهيدروكربونات، وكذلك لأسباب اقتصادية، هي ارتفاع تكلفة إنتاج الفحم المحلي، ولأن طاقة القوى المائية الوطنية كانت في الواقع تستخدم استخداماً كاملاً أو كادت تكون كذلك في عام ١٩٧٣.

وهكذا لم يتبق سوى القوى النووية، التي تمتلك فرنسا، كما ذكرنا للتو، موارد ضخمة لها من اليورانيوم كانت طوال عدة سنوات من قبل موضع دراسات متقدمة وأبحاث تطوير، مما يمكن من تحقيق قفزة سريعة إلى الأمام في هذا النوع من الطاقة، كما سنرى فيما يلي.

وإجمالاً للقول، فإن مجموع هذه القيود الاستراتيجية والاقتصادية الشديدة كان أساساً للتعجيل في عام ١٩٧٤ بتنفيذ برنامج ضخم لإنتاج القوى النووية باعتباره الوسيلة الوحيدة لإنتاج الطاقة التي تحتاجها فرنسا بتكلفة منخفضة وعلى نطاق كبير.

ثانيـاً- نبذة تاريخيـة عن القوى النوويـة الفرنسيـة : المهـارة التكنولوجيـة التي اكتسبت من قبل، وخيـار يقوم على أسس اقتصاديـة لاتزال صالحـة اليوم

يرجع اهتمام فرنسا الأول بالطاقة النووية إلى عام ١٩٥٣. ومع إنشاء أول مفاعلات في مركول، عملت هيئة كهرباء فرنسا على نماذج أولية أصبحت تمثل أول نظام فرنسي للمفاعلات - مفاعل اليورانيوم الطبيعي المهدأ بالغرافيت والمبرد بالغاز. وأدى وقف تشغيل هذا النوع من المفاعلات لأسباب اقتصادية إلى إنشاء أول مفاعل مبرد بالماء المضغوط، ابتداء من عام ١٩٧٠، في فيسنهايم كجزء من برنامج التزامي كان بطئ التنفيذ (ستة مفاعلات من ١٩٧٠ إلى ١٩٧٤)، لكن تم تعجيله بعد ذلك. والواقع، أن الحكومة الفرنسية قررت في أعقاب أزمة النفط الأولى، في آذار/مارس ١٩٧٤، أن تقدم على بناء ١٢ وحدة من مفاعلات الماء المضغوط، بطاقة إنتاجية لكل منها تبلغ ٩٠٠ ميغاوات، إلى جانب أربعة خيارات. وبالتالي، كان متوسط معدل الالتزام السنوي ٥٠٠٠ ميغاوات حتى عام ١٩٨١، نتيجة لاتخاذ قرار في عام ١٩٧٦ ببناء مفاعلات الماء المضغوط قدرة كل منها ١٣٠٠ ميغاوات. وبنهاية عام ١٩٨٦، أصبح إجمالي عدد الوحدات ٦٣، منها ١٤ وحدة جاري إنشاؤها، بطاقة إجمالية مجمعة تتجاوز ١٠٠٠ تيراوات ساعة (أنظر الشكل ١).

وفي الوقت الحاضر، بلغت الطاقة النووية التي تم تركيبها بالفعل ٤٥ جيغاوات، وسيؤدي تشغيل الوحدات الجديدة المرتقبة إلى زيادة هذه القدرة إلى ٥٦ جيغاوات في عام ١٩٩٠ وإلى ٧٠ جيغاوات بحلول عام ٢٠٠٠. لقد استأثرت القوى النووية في عام ١٩٨٦ بنسبة ٧٠ بالمائة من كمية الكهرباء المولدة في فرنسا، وستزيد هذه النسبة بحلول عام ١٩٩٠ إلى ٧٥ بالمائة.

إن القرار الذي اتخذ في عام ١٩٧٤، وتأكد في عدة مناسبات خلال السنوات التي تلت ولم يتبدل نتيجة أي

تطورات سياسية في المراحل اللاحقة، لجعل القوى النووية عنصراً أساسياً في سياسة الطاقة الفرنسية يجد مبرره بالتأكيد في أربعة عوامل متكاملة :

- أثبتت الصناعة الفرنسيه، التي تعززها أفرقة هيئة كهرباء فرنسا والهيئة الفرنسيه للطاقة الذرية، أنها قادرة على مواجهة التحدي التكنولوجي والصناعي والاقتصادي الذي تمثل في التطوير السريع لبرنامج نووي طموح لإنشاء محطات القوى وتنمية صناعة لدورة الوقود النووي على حد سواء؛

-أصبح الطابع التنافسي للقوى في مجال توليد الطاقة في السياق الاقتصادي الفرنسي مؤكداً بصفة قاطعة. ولم يكن بوسع هيئة كهرباء فرنسا والسلطات العامة، المهتمتين بقدر متساوٍ بتخفيض تكلفة إنتاج الكهرباء، إلا الانضمام إلى الآخرين في إدراك الحاجة الملحة لإعادة تنظيم إنتاج الكهرباء من خلال اللجوء بصورة متزايدة إلى توليد القوى النووية؛

- بدت القوى النووية إلى جانب الوفورات في الطاقة، لعيون المسؤولين عن سياسة الطاقة، كسبيل ممكن وحيد لتحسين الاستقلال في مجال الطاقة في ظل الظروف الاقتصادية الواقعية؛

- أدى الطابع الحرج لإمدادات البلد من الطاقة من حيث التكلفة، إن لم يكن من حيث الكمية أيضاً، إلى قدر من الإجماع الوطني فيما يتصل بالقوى النووية، والتغلب بذلك على قلق قطاع واحد من الرأي العام.

وقد تجاوب نظام الكهرباء جيداً مع هذا التوجه الجديد، الذي لم تتأثر أسبابه بمرور الزمن.

وفيما يتعلق بشبكات توليد الكهرباء، كانت فرصة العودة إلى أرخص المصادر الأولية بشكل كان واضحاً جداً للمستهلك تمثل حقيقة جلية تدل على المرونه والاتجاه إلى خفض التكلفة. وفي فرنسا، بررت أزمات النفط بسرعة الاتجاه إلى التخلي عن استخدام منتجات النفط في منشآت الطاقة الكهربية، أولاً عن طريق العودة إلى الزيادة النسبية في استخدام الفحم (الذي تضاعف في وحدات الطاقة ثلاث مرات فيما بين ١٩٧٣ و ١٩٧٩)، ومن ثم عن طريق استخدام القوى النووية، التي بدأ إنتاجها في أن يكون على نطاق ضخم في عام ١٩٨٠ (أنظر الشكل٢).

وإعادة تنظيم شبكة الكهرباء تعني اليوم، من وجهة النظر الاستراتيجية، أن ٨٨ بالمائة من كهرباء فرنسا ذات أصل نووي أو مائي، وبمعنى آخر أنها تستمد كلها تقريباً من مصادر وطنية. وقد أشرنا من قبل إلى أهمية سعي فرنسا إلى تحقيق الاستقلال في مجال الطاقة.

ومن الوجهة الاقتصادية، يظل مبرر اللجوء إلى القوى النووية واضحاً بجلاء؛ فبالنظر إلى الإنتاج الأساسي للكهرباء، أي استمرار الإنتاج طوال السنة، فإن تكلفة الفحم أعلى بنسبة ٥٠ بالمائة. ويختلف الميزان بين الفحم

والقوى النووية، أي المستوى الذي يعادل فيه ارتفاع تكاليف التشغيل الانخفاض في تكاليف الاستثمار، يتراوح بين ٢٠٠٠ و ٣٠٠٠ ساعة تشغيل تبعاً للفرضيات المتبعة وهذا يتيح للقوى النووية أخذ نصيب رئيسي في نظام الإنتاج (الشكل ٣).

وعلى الرغم من هبوط الأسعار الذي أثر في أسواق الوقود الأحفوري فيما بعد، فإن الطابع التنافسي للقوى النووية لم يتأثر إلى حد بعيد. ويبدو أن التحكم في التكاليف الذي اتبع في فرنسا طوال عدة سنوات (لا ينطبق هذا على جميع البلدان) هو ضمان للاستقرار والاقتصاد في التكلفة في مواجهة الأسواق المنافسة، التي تمثل اليوم عامل جذب على الرغم من اتسامها بعدم الاستقرار واحتمال حدوث زيادات جديدة غير محكومة في الأسعار، نتيجة لندرة الموارد والشكوك السياسية الطبيعية التي تنطوي عليها تلك الأسواق.

ثالثاً – البرنـامج النووي الفرنسـي : تحد نـاجح

ما هو الميزان التقني والصناعي والاقتصادي والطاقي للقوى النووية بعد مرور أكثر قليلاً من عشر سنوات بعد قرار بدء تنفيذ البرنامج ؟

(أ) الميزان مقنع تماماً على المستوى التقني والصناعي :

– تمكنت الصناعة الفرنسية، بدعم من هيئة كهرباء فرنسا والهيئة الفرنسية للطاقة الذرية، من التغلب على جميع المصاعب التقنية المرتبطة ببناء وتشغيل محطات القوى، ودورة الوقود وما إلى ذلك:

– على أساس مفهوم الوحدة التقنية، أثبت التوحيد القياسي فعاليته، وعلى وجه الخصوص فيما يتصل ببرامج الإنشاء التي تبدو الآن، بعد مرحلة تعلّم الصنعة، وقد انجزت على نحو جيد تماماً. فبينما لزمت سبع سنوات لاستكمال الوحدة الأولى، فإن أحدث وحدات بطاقة ٩٠٠ ميغاوات لكل منها يمكن إتمامها في نحو خمس سنوات. ولدينا الآن إجمالي مجمع يزيد على ٢٠٠ سنة تشغيل لمفاعلات الماء المضغوط، وهذا رصيد لا يقدر بثمن وتحقق التغذية الارتجاجية بالمعلومات أكبر استفادة من الوضع. ويؤدي تحليل أحداث الطوارىء التي تقع في الوحدات العاملة إلى إدخال تعديلات تؤدي إلى تحسين سلامتها ودرجة إتاحيتها وإمكانية التعويل عليها. ويستفيد المورد النووي الإجمالي استفادة مباشرة من كل ذلك، سواء كانت الوحدات تحت الإنشاء أو يجري اختبارها أو تشغيلها. وتعد هذه الخبرة واحداً من أهم المكاسب في سوق التصدير وأحد أسباب النجاح الذي بلغته الصناعة النووية الفرنسية في الخارج؛

– نوعية الانجازات النووية الفرنسية عالية جداً. فتنفيذ البرنامج النووي كان مصحوباً بسياسة تأمين ذات نوعية تامة، تطبق بنفس القدر على التصميم وصناعة المعدات والتشييد والتشغيل. وقد وضعت إجراءات

صارمة لضمان التحسين المنتظم لجودة الإنتاج الذي عززته التغذية الارتجاعية التي كانت بدورها ممكنة بفضل التوحيد القياسي؛

- إن درجة الإتاحية التشغيلية لمحطات القوى النووية، وهي من أعلى المستويات في العالم، تزيد بدرجة كبيرة على المستوى المتوقع الذي يستخدم في تقدير الفعالية بالنسبة للتكلفة، إلخ.

(ب) على المستوى الاقتصادي : على الرغم من أن تقديرات بعض التكاليف في البداية كانت منخفضة بشكل ملحوظ (وبخاصة تكلفة استثمار محطات القوى وتكلفة عمليات إعادة معالجة الوقود)، فإنه يمكن القول بأن التحكم في التكاليف قد تحقق الآن. وعلى سبيل المثال، فإن التقديرات الأولية للوحدات التي أنشئت منذ عام ١٩٧٧ كانت وافية إجمالاً، ولم يتطلب الأمر عمل مراجعة للتكاليف. وتنخفض التكلفة الفعلية لآخر أربع وحدات بطاقة ٩٠٠ ميغاوات لكل منها، والتي تم الارتباط بإنشائها في ١٩٧٩ و ١٩٨٠، في الواقع بنسبة ٥ بالمائة تقريباً عن التقديرات الأولية.

لقد أثبت التقييم العالمي للقدرة التنافسية الاقتصادية للقوى النووية بالمقارنة مع محطات القوى التي تعمل بالفحم، وبالأخرى التي تعمل بالنفط، تنبؤات عام ١٩٧٤ تماماً. وفي ظل أسعار الوقود الحالية والظروف الاقتصادية السائدة في فرنسا تعتبر القوى النووية الطريقة الأرخص إلى أبعد حد لإنتاج الكهرباء الأساسية. وهذه الميزة تظل قائمة حتى في حالة فترات التشغيل السنوية القصيرة.

(جـ) على مستوى الطاقة : إن إعادة تشكيل موارد توليد الكهرباء التي جرت في عام ١٩٧٤ تؤتي الآن ثمارها. ففي عام ١٩٨٦، استأثرت القوى النووية بنسبة ٧٠ بالمائة من الإنتاج الفرنسي للكهرباء، وانخفض نصيب وقود النفط (على الرغم من بداية شديدة إلى أقصى حد لهذا العام) إلى نسبة مئوية ضئيلة. ويمكننا أن نقول دون أن نخطئ في ذلك أنه بحلول عام ١٩٩٠، سيكون نصيب القوى النووية نحو ٨٠ بالمائة من إنتاج الكهرباء بفرنسا، وسيقتصر نصيب وقود النفط على بضع حالات استثنائية، ولن يتجاوز بالكاد نسبة ١ بالمائة.

رابعاً - تأثير البرنامج النووي على الاقتصاد الفرنسي

كان لتنمية القوى النووية كبديل للكهرباء المنتجة في محطات القوى التي تعمل بالنفط أثر إيجابي على ميزان الطاقة والاقتصاد في البلد.

وفيما يتعلق بميزان الطاقة، أتاح استخدام القوى النووية على نطاق كبير تحقيق تحسن ملحوظ في الاستقلال الطاقي - من ٢٢ بالمائة في عام ١٩٧٣ إلى ٤٦ بالمائة في ١٩٨٦، وهو ما يعني تضاعف الإنتاج الوطني للطاقة (الشكل ٤). وتشير الاسقاطات الحالية إلى توقع بلوغ مستوى استقلال قدره ٥٠ بالمائة في ١٩٩٠، وأكثر من ٥٥

بالمائة بنهاية هذا القرن، وذلك كنتيجة مشتركة لكفاءة إدارة الطاقة والاتجاهات الناشئة في مجال موارد القوى النووية (الشكل ٥) . ومن المهم الإشارة إلى أن الجهود من هذا النوع لا تحل جميع المشكلات، نظراً لأنه من المنطقي أن نفترض أن بلداً مثل فرنسا، سيظل معتمداً على المصادر الأجنبية للطاقة بنسبة تزيد على ٤٠ بالمائة من إمدادات الطاقة اللازمة لها لفترة طويلة مقبلة.

ومع ذلك، فإنه مع إنتاج ما مجموعه ٢٤١ تيراوات ساعة في ١٩٨٦ ونحو ٣٠٠ تيراوات ساعة في ١٩٩٠ و ٤٠٠ تيراوات ساعة في عام ٢٠٠٠، ستتيح الطاقة النووية لفرنسا أن تتغلب على قيود الطاقة المستوردة إلى حد كبير مع التقليل في الوقت نفسه بشكل ملحوظ من المخاطر المصاحبة لهذه القيود (الشكل٦).

-

والأثر الاقتصادي للبرنامج النووي الواسع النطاق إيجابي إلى حد كبير نتيجة للوفورات التي تتحقق في القطع الأجنبي، والدعم الذي يقدمه للنشاط الاقتصادي في شكل الاستثمارات المطلوبة، والإبقاء على تكاليف الكهرباء عند مستوى منخفض لفترة طويلة قادمة.

والوفورات في القطع الأجنبي لها أهمية عظيمة بالنسبة لبلدان مثل فرنسا، بمعنى أن أي تحسين في الميزان التجاري يخفف الضغط الخارجي ويمكن من تحقيق نمو اقتصادي أسرع. وبهذا المعنى وليس من منطلق الأغراض الحمائية نستطيع القول بأننا بحاجة إلى توفير القطع الأجنبي. وسياسة الطاقة التي تتناسب بشكل وثيق مع السياسة الاقتصادية ككل التي تتبع بهدف تحديث الصناعة وزيادة قدرتها التنافسية، هي طريقة عمل تفضيلية. وتنمية القوى النووية تجلب معها تخفيضاً سريعاً في عنصر القطع الأجنبي لكل كيلووات ساعة يتم توليده، لكن ذلك يكون نتيجة متواضعة نسبية ما لم يكن نمو الكهرباء في الوقت نفسه أسرع من أي شكل آخر من أشكال الطاقة عن طريق الحلول محل الوقود المستورد لاستخدامات المستعملين لهذه الطاقة. وهناك أولاً انخفاض في مشتريات الوقود من الخارج. فقد هبط حجم الواردات بمقدار النصف منذ عام ١٩٨٠، بينما زاد إنتاج الكهرباء بنسبة ٤٠ بالمائة. ذلك هو الأثر المباشر إذن لتقليل عنصر القطع الأجنبي لكل كيلووات ساعة يتم إنتاجه.

وفي الوقت نفسه، فإن الميزه المكتسبة بالمقارنة مع البلدان المجاورة من حيث تكلفة الإنتاج تعني أن تبادل الكهرباء قد تحول من حالة التوازن التقريبي إلى زيادة بأكثر من ٥٠٠٠ مليون فرنك (٢٥,٢ تيراوات ساعة فائض تصدير في ١٩٨٦). وأخيراً وهذه هي أهم نقطة، إن النفود من خلال الكهرباء إلى التطبيقات القادرة على المنافسة يعني أننا نستطيع أن نقدر وفورات في القطع الأجنبي لعملائنا يصل إلى نحو ٢٤٠٠٠ مليون فرنك.

ونستطيع ان نتوقع في المستقبل زيادة كبيرة جداً في وفورات القطع الأجنبي نتيجة استخدام الكهرباء بسبب الاتجاه المواتي في جميع العوامل المؤثرة والاحتمال القوى لعودة أسعار النفط إلى الارتفاع بنسب أكبر كثيراً. إن نطاق الاستثمارات النووية (متوسط سنوي يقترب من ٢٠ ٠٠٠ مليون فرنك فيما بين ١٩٨٠ و ١٩٨٥) يساعد

بلا شك في دعم الأنشطة الصناعية، والعمالة كنتيجة لذلك. ويصعب جداً عمل تقييم دقيق لأثر من هذا النوع، نظراً لان الآليات التي تشترك في ذلك معقدة وتدخل فيها عوامل اقتصادية عديدة. غير ان الدراسات التي أجريت في فرنسا باستخدام نماذج تحاكي الاقتصاد الوطني وبارامتراته الطاقية توحي بأن هناك فائدة تعود، من وجهة نظر زيادة العمالة، من تطبيق استراتيجيات للطاقة تجمع بين تنظيم الطاقة وتنمية القوى النووية.

إن التحكم في تكلفة الكهرباء (وبالتالي في سعرها) هو الحصيلة المنطقية لإعادة التركيب التقني للموارد، التي بدأت في عام ١٩٧٤. والآن وقد استبعد تماماً الخطر الذي ينطوي عليه سوق الوقود الأحفوري، فإن شبكة الكهرباء الفرنسية تقدم قدرة رخيصة جداً (البلدان التي تعمتد على القوى المائية وحدها هي التي تقل فيها التكلفة كثيراً)، وبيع الكهرباء للتصدير هو مثال محدد لهذا «التفوق» التركيبي على معظم البلدان المجاورة. وبالمقارنة مع أنواع الطاقة الأخرى، وبينما غيرت أسعار الهيدروكربونات في عام ١٩٨٦ عتبات التنافسية بالنسبة لاستخدامات الكهرباء، ظلت استخدامات الكهرباء جذابة بسبب الفوائد العديدة التي تقدمها من الناحية النوعية، من قبيل الأداء التقني، ونوعية المنتجات، ووفورات المواد الخام، والمرونة في التشغيل، وإمكانيات الأتمته، وتحسين ظروف العمل، وما إلى ذلك.

وستتعزز مزايا الكهرباء أكثر فأكثر في المستقبل. فالقوى النووية تتيح تحقيق مكاسب ضخمة من حيث التكلفة منذ عام ١٩٨٤، وسيستمر هذا الاتجاه لسنوات عديدة مقبلة. ومن الواقعي تماماً ان نتوقع خفضاً قدره ١ بالمائة سنوياً في أسعار الكهرباء خلال السنوات العشر القادمة على الأقل. ومن المتوقع ان يتم تجاوز هذا الهدف في عامي ١٩٨٦ و ١٩٨٧.

خامساً – التطورات المقبلة والدروس المستفادة من البرنامج النووي الفرنسي

كان التعجيل الكبير لبرامج القوى النووية الذي تقرر في عام ١٩٧٤ ضرورياً لإعادة تكييف نظام الإنتاج الفرنسي، بأسرع ما يمكن بقدر ما كانت تسمح به القيود الصناعية والمالية، ليتلائم مع السياق الطاقي الجديد الذي نشأ آنذاك.

وقد كان يتوقع لفترة طويلة أنه ما أن تجد القوى النووية المكان الأمثل من الناحية الاقتصادية في النظام الإنتاجي ككل، فإن الجهود المتسارعة لإعادة التكيف ستستكمل ويفرض معدل الزيادة في الطلب مباشرة ضرورة تنفيذ البرامج التي كانت محدودة بالضرورة من قبل.

إن انخفاض توقعات الاستهلاك، إلى جانب التباطؤ الحاد في النمو الاقتصادي الذي بدأ في عام ١٩٧٤، وبالأكثر في ١٩٧٩ – ١٩٨٠، قد دفع هذا التاريخ الحاسم، ويمكن الآن تحديده بعام ١٩٨٩ أو ١٩٩٠. وقد كان

تباطؤ البرامج، الذي يعد ضرورياً إذا أريد تجنب احتمال ارتفاع التكلفة بسبب فرط التجهيز بالمعدات، مبكراً إلى جانب أنه زاد على ما كان مقدراً في البداية، وبخاصة نظراً إلى أن إتاحية منشآت القوى النووية تجاوزت التوقعات. وقد اقتصرت الارتباطات الجديدة لعامي ١٩٨٥ و ١٩٨٦ على بناء وحدة واحدة سنوياً بطاقة ١٣٠٠ ميغاوات لكل منها .

وإذا نظرنا إلى الأمام، فإن كل شئ سيتوقف على الاتجاه في الطلب على الكهرباء، وتشير أرجح السيناريوهات إلى احتمال الارتباط على إنشاء وحدة أو وحدتين سنوياً .

ما هي الدروس العامة التي يمكن أن تستخلصها البلدان الأخرى من التجربة الفرنسية ؟ من الواضح أن ما من شك في ضرورة اتخاذ هذه «المغامرة» كنموذج يحتذى. لقد رأينا أن الخصائص التي تتسم بها فرنسا بررت وأتاحت في الوقت نفسه عدداً من الخيارات، ومن الواضح أن الموارد المالية المطلوبة كانت باهظة. غير أن هذه التجربة أثبتت جدارتها وجدواها. إنها تجسد استراتيجية عالمية تتعلق بصفة خاصة بالنهج الاقتصادي لحل مشكلات الطاقة، واكتساب معارف تقنية متقدمة. ولا شك في أن هذه التجربة ستوفر الالهام أو قدراً كبيراً من البيانات المرجعية لأي بلد ترغب في بدء أو بحث الاستعدادات لتنفيذ برامج نووية تتناسب مع احتياجاتها الخاصة.

الشكل ١

البرنامج النووي الفرنسي منذ عام ١٩٧٤

(الارتباطات السنوية، بدء التشغيل بعد ٥ أو ٦ سنوات من الارتباط)

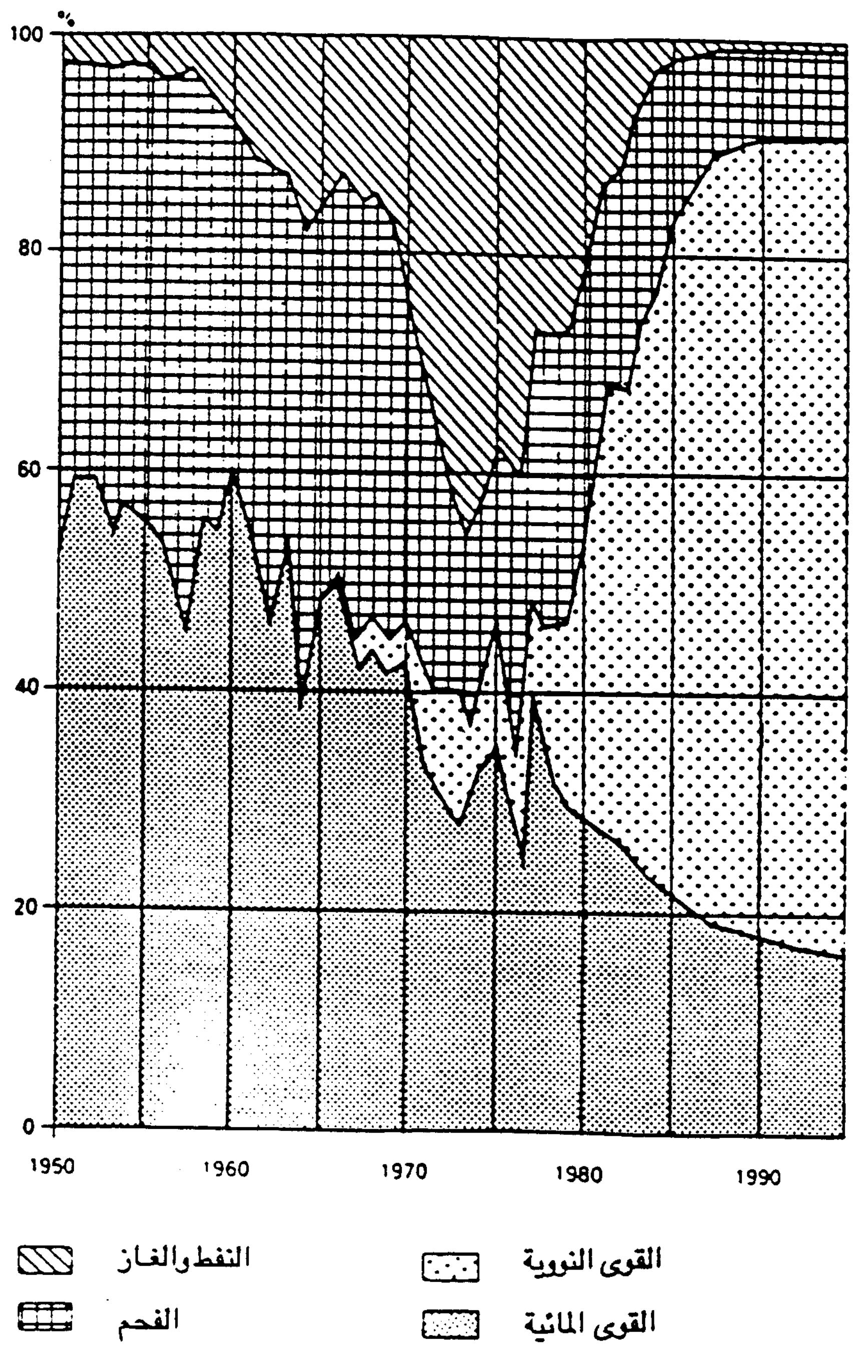
١٩٧٤	٥×٩٠٠ ميغاوات	١٩٨١	١×٩٠٠ ميغاوات+٣×١٣٠٠ ميغاوات
١٩٧٥	٥×٩٠٠ ميغاوات	١٩٨٢	١×٩٠٠ ميغاوات+٢×١٣٠٠ ميغاوات
١٩٧٦	٦×٩٠٠ ميغاوات+١×١٣٠٠ ميغاوات	١٩٨٣	٢×١٣٠٠ ميغاوات
١٩٧٧	٤×٩٠٠ ميغاوات+١×١٣٠٠ ميغاوات(*)	١٩٨٤	١×١٣٠٠ ميغاوات+١×١٤٠٠ ميغاوات
١٩٧٨	٣×٩٠٠ ميغاوات+١×١٣٠٠ ميغاوات	١٩٨٥	١×١٣٠٠ ميغاوات
١٩٧٩	٢×٩٠٠ ميغاوات+٣×١٣٠٠ ميغاوات	١٩٨٦	١×١٣٠٠ ميغاوات
١٩٨٠	٢×٩٠٠ ميغاوات+٤×١٣٠٠ ميغاوات	١٩٨٧	وبعد ذلك ١ أو ٢×١٤٠٠ ميغاوات سنوياً

(*) + مفاعل سريع واحد طاقته ١٢٠٠ ميغاوات (كراي - مالفيل)

الشكل ٢

إمدادات الطاقة الأولية للشبكة الكهربائية :
تكييف تركيب الموارد لتطورات
سياق الطاقة

تطور إنتاج الكهرباء في فرنسا تبعاً لنوع الطاقة الأولي
(القيـم المئويـــة)



الشكل ٣

إجمالي التكلفة الإنتاجية لكل كيلووات ساعة
بأسعار الوقود المستقبلية

(قيم العملات في ١/١/١٩٨٦)

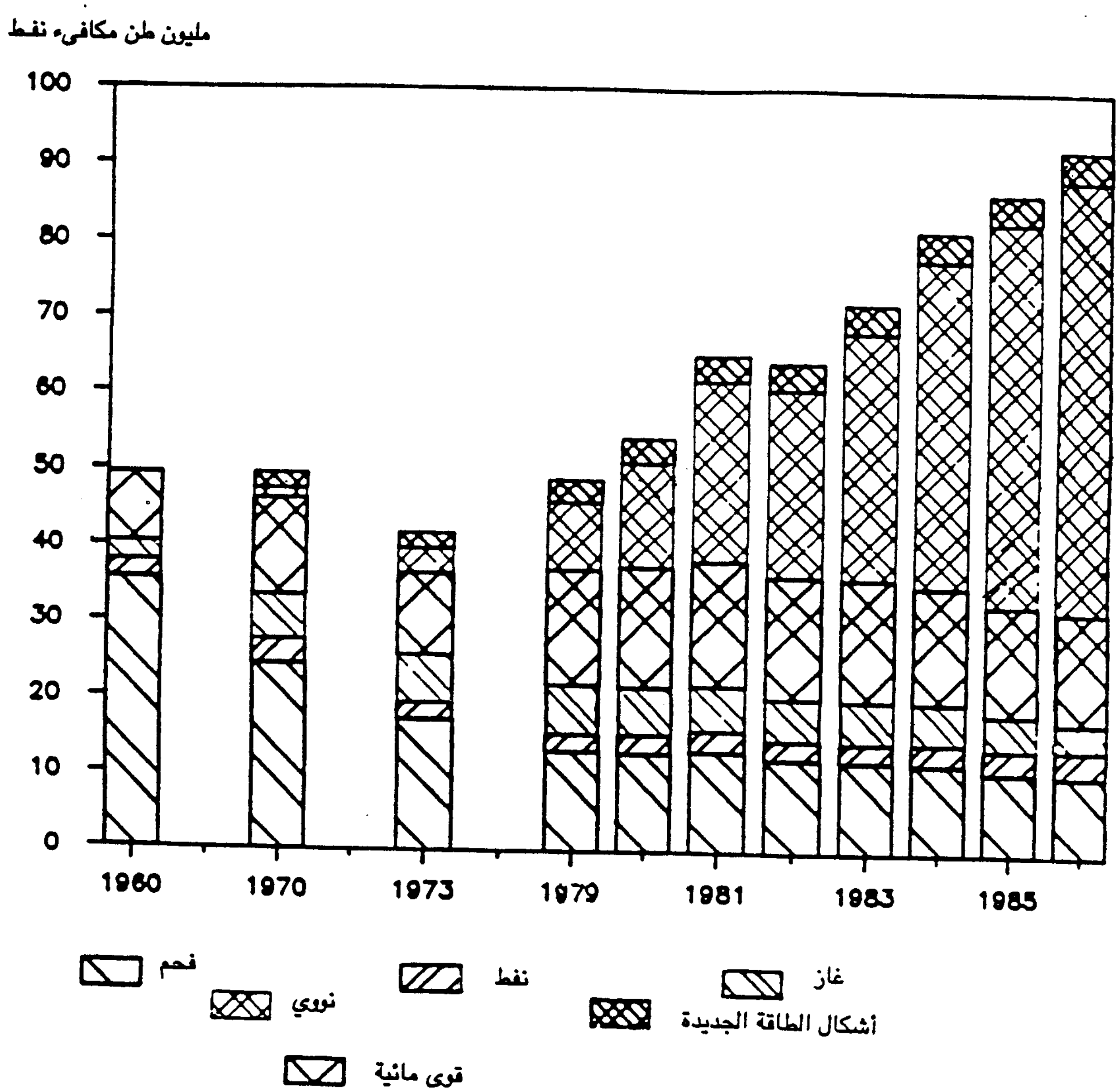
١ دولار أمريكي = ٧,٥ فرنك فرنسي

تاريخ بدء التشغيل : ١٩٩٥

بوحدة السنتيم في ١/١/١٩٨٦ لكل كيلووات ساعة	الإنتاج الإجمالي (بالساعات) ٨٧٦٠	٤٠٠٠	٢٠٠٠
القوى النووية			
الاستثمار	١١,٢	٢٢,٤	٤٤,٢
التشغيل	٣,٩	٧,٩	١٥,٦
الوقود	٥,٩	٦,٦	٨
الإجمالي	٢١	٣٦,٩	٦٧,٨
الفحم			
الاستثمار	٨	١٥,٣	٣٠,٣
التشغيل	٣,١	٦,٤	١٢,٧
الوقود	١٦,٢	١٦,٢	١٦,٢
الإجمالي الفرعي	٢٧,٣	٣٧,٩	٥٩,٢
استخلاص الكبريت	٣,١	٣,٥	٤,٢
الإجمالي	٣٠,٤	٤١,٤	٦٣,٤
النفط			
الاستثمار	٦,٧	١٢,٤	٢٥,٤
التشغيل	٢,٨	٥,٨	١١,٤
الوقود	٤٥,٨	٤٥,٨	٤٥,٨
الإجمالي الفرعي	٥٥,٣	٦٤,٥	٨٢,٦
استخلاص الكبريت	٢,١	٤	٧,٦
الإجمالي	٥٧,٤	٦٨,٥	٩٠,٢

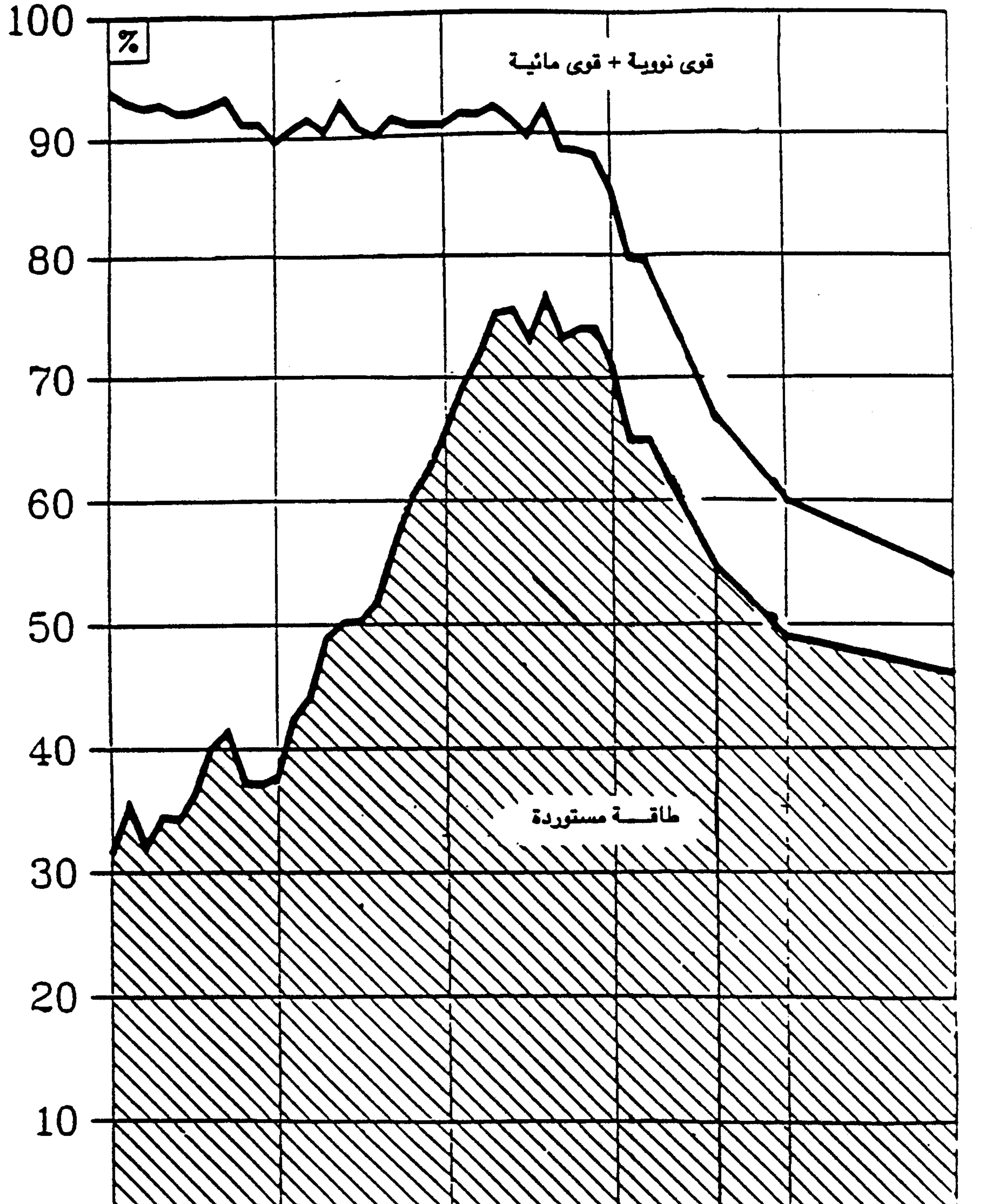
الشكل ٤

إنتاج الطاقة الأولية في فرنسا
(المصدر "مرصد الطاقة")



الشكل ٥

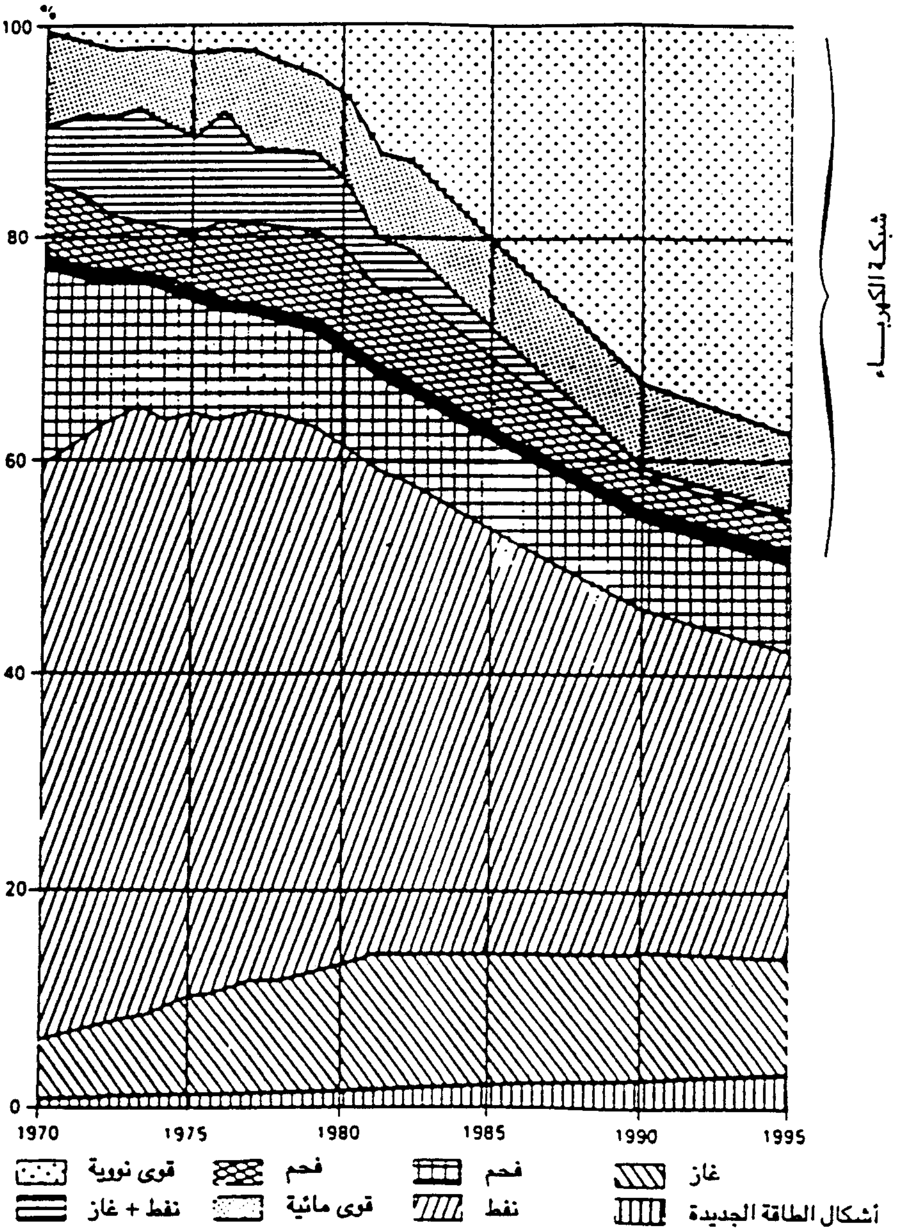
حصة الطاقـــة التي تستوردها فرنسا



الشكل ٦

دور الكهرباء في البرنامج الفرنسي
لإعادة توزيع مصادر الطاقة

دور مصدر الكهرباء



استخدام الطاقـة النوويــة في بلجيكا
وبرامج البحث والتطوير المرتبطـة بها

(بلجيكا)

فهرس المحتويـــــات

١. نبذة تاريخية موجزة عن استخدام الطاقة النووية في بلجيكا

عندما بدأت بلجيكا، باعتبارها بلداً صناعياً متقدماً، تنفيذ برنامج لاستخدام الطاقة النووية للأغراض السلمية في مطلع الخمسينات، كان بإمكانها الاعتماد على صناعة ذات أداء مدهش للغاية، وبخاصة في مجالي الهندسة الكهربائية عالية التكنولوجيا وتشغيل المعادن غير الحديدية. وكان البلد يولي دائماً اهتماماً خاصاً لتطوير البحوث الأساسية، كما يتضح ذلك من اجتماعات مجلس سولفاي الذي عقد في جامعة بروكسل الحرة في الثلاثينات. واكتسبت خبرة واسعة في مناولة الراديوم من أعمال تعدين اليورانيوم التي كان يقوم بها اتحاد المناجم في كاتنغا العليا. وكانت هذه العوامل تمثل بعض مصادر القوة التي تملكها بلجيكا في أواخر الثلاثينات وساعدتها على اقتحام الميدان النووي.

ويعود الدافع إلى تطوير الصناعة النووية إلى ١٩٤٤، وهو العام الذي وقعت فيه حكومة بلجيكا اتفاقاً مدته ١٠ سنوات مع وكالة التنمية المشتركة، وهي هيئة مشتركة بين الولايات المتحدة الأمريكية والمملكة المتحدة، منحت فيه حكومة بلجيكا هذه الوكالة امتياز شراء اليورانيوم المنتج في الكنغو البلجيكي. وكانت هناك شروط في ذلك الاتفاق تمنح بلجيكا معاملة تفضيلية بشأن التطبيقات الصناعية للطاقة الذرية في المستقبل.

ويرجع تاريخ أولَى المشاريع المحددة التي تتعلق بتطوير الصناعة النووية إلى أواخر الخمسينات. ففي عام ١٩٤٧، أنشأت حكومة بلجيكا هيئة مشتركة بين الجامعات تحت اسم المعهد المشترك بين الجامعات للعلوم النووية (IISN)، مهمتها تنسيق البحوث الأساسية في العلوم النووية.

وبفضل العلاقة التفضيلية مع الولايات المتحدة وبريطانيا العظمى، أنشأ مفوض الطاقة الذرية فريق بحوث في مطلع الخمسينات أصبح بمثابة نواة لمركز البحوث النووية الذي تأسس في ١٩٥٢، بعد حضور دورات تدريبية في بلجيكا ودورة تدريبية عملية في الولايات المتحدة. أما مركز الدراسات لتطبيقات الطاقة النووية (CEAEN)، وهو رابطة غير تجارية أنشئت في ١٩٥٣، فقد تحول في عام ١٩٥٦ إلى شركة عامة تحت اسم مركز بحوث الطاقة النووية (CEN/SCK) (القانون البلجيكي المؤرخ ١٧حزيران/ يونيه ١٩٢١).

ومركز بحوث الطاقة النووية له وضع قانوني يمنحه قدراً من الاستقلال عن السلطات، رغم أنه يعتمد عليها بشدة في تمويله.

والمهام الرئيسية لمركز بحوث الطاقة النووية، كما وردت في نظامه الأساسي هي على وجه الخصوص (أ) إجراء أي بحوث تتعلق بتطبيقات الطاقة النووية، ودفع وتشجيع الدراسة العلمية والتقنية لهذه التطبيقات؛ (ب) إجراء بحوث التكنولوجيا العالية في المواضيع الأخرى المدرجة في البرامج العلمية والتكنولوجية البلجيكية؛ (جـ) إجراء أي بحوث تتطلب الاستعانة بموارد المركز بناء على طلب السلطات، أو تنسيق مثل هذه البحوث.

ومقر مركز بحوث الطاقة النووية بروكسل. وأنشئت المختبرات والمرافق النووية التابعة للمركز في مدينة مول، في شمال شرق البلد. وكانت المرحلة الأولى هي بناء مفاعل بحوث (سُمي BR1) وإنشاء المختبرات اللازمة لتطبيق الطاقة النووية؛ مختبرات للكيمياء، وعلم المعادن، والفيزياء، والانتقال الحراري، والنظائر المشعة، والبيولوجيا الإشعاعية، إلى جانب الخدمات الأساسية اللازمة لتشغيل هذا المرفق؛ ومرافق المراقبة الطبية والفيزيائية، ومكتبة، وخدمات الرياضيات، ومرفق لمعالجة وتخزين النفايات.

ولتهيئة البلد للاضطلاع ببرنامج ضخم لإنتاج الكهرباء النووية، قررت الإدارة العامة لمركز بحوث الطاقة النووية، بالاتفاق مع السلطات الاشرافية، في عام ١٩٥٦ بناء مفاعل عالي الأداء لاختبار المواد هو المفاعل BR2. وبفضل الاتفاق التفضيلي مع الولايات المتحدة، أمكن تحقيق أكبر استخدام للتكنولوجيا المتقدمة في المفاعل، الذي صممه فريق أمريكي - بلجيكي مشترك؛ قضبان وقود اليورانيوم عالي التخصيب مع دفق حراري زائد، وكنان معدني من البريليوم.

وأنشئ مفاعل القوى BR3، وهو مفاعل يبرد بالماء المضغوط في مول. وفي تشرين الأول / أكتوبر ١٩٦٢، ربطت هذه المنشأة النووية، وقوتها ١١ ميغاواط كهربائي، وهي أول محطة قوى تعمل بمفاعل الماء المضغوط من طراز وستنغهاوس تبنى في أوروبا الغربية، بشبكة الكهرباء في بلجيكا.

ومن الجدير بالذكر أن غرف التحكم في المفاعل التي أنشئت في مول قد صممتها وأنتجتها الصناعة البلجيكية، التي أنتجت أيضاً معظم المعدات الأخرى. وهكذا أصبحت الصناعة تستخدم في العمل في تعاون يحقق منفعة متبادلة مع أقسام البحوث، ملتزمة في ذلك بمعايير وإجراءات محددة بصورة جيدة، مع ضمان الجودة المطلوبة. وهكذا هيأت الصناعة نفسها للمرحلة التالية، وهي بناء محطات القوى النووية.

وفي تلك الفترة أيضاً بدأ تعليم التخصصات المتصلة بالطاقة النووية في الجامعات والمعاهد التقنية؛ ووضعت مقررات تؤهل للتخصص في الدراسات النووية، واقتنت إحدى الجامعات مفاعل بحوث صغيراً (ثيتيس)، واقتنت جامعة أخرى مرفقاً دون حرجي.

وأوفد الباحثون والتقنيون للتدريب في المملكة المتحدة (المدرسة الدولية)، والولايات المتحدة الأمريكية.

وتحقق استمرار وتعزيز تدريب الموظفين من خلال اشتراك المهندسين البلجيكيين في تصميم مفاعل اختبار المواد BR2، الذي قام به قسم البحوث في الشركة الأمريكية للتنمية النووية (نيفادا - وايت بلينز)، وفي تصميم المفاعل BR3 (وستنغهاوس - بيتسبورغ) وفي بناء واختبار تشغيل مفاعل التوليد السريع إنريكو فرمي المبرد بالصوديوم (دترويت).

ويعتبر تصميم المفاعل BR2، وبناء واختبار تشغيل المفاعل BR3، وتنفيذ برنامج مفاعل التوليد السريع المبرد

بالصوديوم، وبرنامج وقود مخلوط اليورانيوم والبلوتونيوم، نتيجة منطقية لهذا التدريب المكثف وثمرة للتعاون الدولي.

ونتيجة لكل هذا النشاط، كانت بلجيكا أول بلد في أوروبا الغربية يمتلك أكفأ مفاعل لاختبار المواد (BR2)، بالإضافة إلى أول محطة للقوى النووية تعمل بمفاعل ماء مضغوط (BR3)، وأول مختبر غير عسكري للبلوتونيوم (بلجونيوكليار – مركز دراسة الطاقة النووية).

وبالتعاون مع زائير، أقامت بلجيكا مفاعل بحوث من طراز تريغا في مركز جامعة كينشاسا؛ وكان ذلك أول مفاعل نووي يقام في قارة أفريقيا. ولا تزال بلجيكا تقدم التعاون التقني في استخدام هذا المفاعل.

وطوال تنفيذ البرنامج النووي، أولي الاهتمام كذلك للتطبيقات غير الطاقية عموماً ولاستخدامات العناصر المشعة بصفة خاصة. وعندما أنشئ مركز بحوث الطاقة النووية، أقيم مصنع تجريبي لتجهيز العناصر المشعة في مول لاستغلال النظائر التي كانت تنتج أولاً في المفاعل BR1 ثم في المفاعل BR2. وكانت النتيجة هي، من ناحية، إنشاء مرفق ممتاز في هذا المجال، ومن ناحية أخرى، الاشتراك منذ البداية في إنشاء شبكة تجارية موجهة تماماً لتلبية الاحتياجات الفعلية للسوق البلجيكية والسوق العالمية. وتمخض هذا النشاط في وقت لاحق عن إنشاء المعهد الوطني للعناصر المشعة (IRE) في عام ١٩٧١.

٢. الوضع الراهن فيما يتعلق باستخدام الطاقة النووية في بلجيكا

بنهاية عام ١٩٨٦ كانت بلجيكا تمتلك ما يلي :

- قدرة نووية صافية تبلغ ٥٥٠٠ ميغاوات (مفاعلات ماء مضغوط)؛
- مصنع لإنتاج وقود اليورانيوم؛
- مصنع لإنتاج وقود البلوتونيوم؛
- مرافق لمعالجة النفايات المشعة؛
- معهد للعناصر المشعة.

وكانت هذه المرافق تستعين بخدمات :

- مركز متعدد التخصصات للبحث والتطوير.

واستكمل كل ذلك بالمرافق الأساسية العلمية والتقنية و/أو الإدارية التالية :

- المعهد المشترك بين الجامعات للعلوم النووية؛
- أقسام بحوث متخصصة؛

- شركة لمناولة الوقود؛
- هيئات مستقلة تعني بسلامة المنشآت النووية؛
- منظمة للحماية الإشعاعية مكونة من الوزارات المسؤولة ولجان الخبراء؛
- هيئة للأمان النووي لتوفير الضمانات والحماية المادية؛
- هيئة عامة مسؤولة عن تخزين وتصريف النفايات المشعة والمواد الانشطارية وتخزين البلوتونيوم.

وقد تطورت غالبية هذه الأنشطة في إطار سياق دولي، وبخاصة في الاتحاد الأوروبي للطاقة الذرية (EURATOM)، بعد بدء سريان معاهدة روما في ١ كانون الثاني/ يناير ١٩٥٨ .

ومهمة الاتحاد الأوروبي للطاقة الذرية هي الإسهام في رفع مستوى المعيشة في الدول الأعضاء وتنمية العلاقات مع البلدان الأخرى عن طريق توفير الظروف اللازمة لتعجيل إنشاء الصناعات النووية وإنمائها. ولتحقيق هذه الرسالة، يتعين على الاتحاد الأوروبي للطاقة الذرية، من جملة أمور، أن يقوم بما يلي : (أ) وضع معايير سلامة موحدة لحماية صحة العاملين والجمهور العام وتأمين تطبيقها؛ (ب) التأكد عن طريق الإشراف المناسب من أن المواد النووية لا تحول إلى أغراض مخالفة للأغراض المخصصة لها.

وقد أصبحت بلجيكا طرفاً في معاهدة منع انتشار الأسلحة النووية في عام ١٩٧٠. وتطبق الوكالة الدولية للطاقة الذرية الضمانات المقررة في اتفاق التحقق المبرم بين الوكالة والاتحاد الأوروبي للطاقة الذرية.

٣. البرنـامج البلجيكي للطاقـة النوويـــة

٣.١. مفاعلات الماء المضغوط

٣.١.١. مفاعل القوى BR3

إن المفاعل البلجيكي BR3 هو أول محطة قوى نووية تبرد بالماء المضغوط تقام في أوروبا الغربية. صممت المحطة بواسطة مؤسسة وستنغهاوس، وقدرتها ١١ ميغاوات كهربائي، وهي مقامة في مول، وقد ربطت بالشبكة الكهربائية في عام ١٩٦٢. وكانت هذه المحطة لا تزال عاملة في عام ١٩٨٧.

وبالاضافة إلى إنتاج الكهرباء، يستخدم المفاعل BR3 لتدريب الموظفين؛ وأتيحت للكثيرين من موظفي محطات القوى البلجيكيين والفرنسيين فرصة مشاهدة المحطة وهي تعمل في الظروف العادية وفي ظروف انتقالية، ولاتزال هذه الفرصة متاحة للكثيرين.

واستخدم المفاعل أيضاً كمختبر تجارب لتصميم مفاعل إزاحة طيفية؛ وقد أوضح مشروع فولكان (VULCAN)،

بالتعاون مع المملكة المتحدة (UKAEA)، سلامة هذا النوع من قلب المفاعل، الذي يبدأ بالماء الثقيل ثم ينتهي تقريباً بالماء الخفيف – وقد كانت النتائج المتحققة مرضية للغاية.

ويستخدم المفاعل BR3 في الوقت الحاضر كمختبر لأنواع الوقود المتقدمة من مختلف المنتجين البلجيكيين والأجانب، وهو مناسب لاختبار الأنواع الأخرى من قلوب المفاعلات المبردة بالماء.

٢.١.٣ . محطة أردين للقوى النوويـة

بالاستناد إلى حد كبير إلى الخبرة المكتسبة من المفاعل BR3 وغيره من محطات القوى من نوع المفاعل المبرد بالماء المضغوط، أنشأت بلجيكا وفرنسا، بدعم من الاتحاد الأوروبي للطاقة الذرية، محطة أردين للقوى النووية في شوز بشمال فرنسا.

وكان هذا المشروع يرمي إلى غرضين: (أ) تمكين منتجي المعدات من التكيف لتكنولوجيا مفاعلات الماء المضغوط؛ (ب) تمكين المصانع البلجيكية والفرنسية وأقسام البحوث فيها من اكتساب خبرة عملية في مشكلات البناء والتشغيل التي يمكن مواجهتها في هذا النوع من إنتاج الطاقة.

والمشروع كله، ابتداء من مرحلة التصميم عبر جميع المراحل حتى الإنتاج كان ولا يزال مشتركاً بين فرنسا وبلجيكا على أساس ٥٠٪ لكل منهما. وطاقة محطة القوى، المقامة قرب الحدود الفرنسية البلجيكية هي حالياً ٣١٢ ميغاوات كهربائي؛ وهي مربوطة بالشبكة منذ عام ١٩٦٧ ولازالت تستخدم حتى الآن. وقد أمكن في هذه المحطة اختبار تجميعات البلوتونيوم في ظل ظروف التشغيل الراهنة.

٣.١.٣. بناء وتشغيل شبكة من محطات القوى النووية

أصبح من الواضح قرب منتصف الستينات أن مفاعلات الماء المضغوط ستكون قادرة على توفير الكهرباء بسعر تنافسي ويعوّل عليها في التشغيل وبالاتفاق مع السلطات المسؤولة، قرر منتجو الكهرباء تركيب مفاعلات الماء المضغوط منذ ذلك الحين فصاعداً.

وقد دفعت المشكلات التي نشأت بصدد إمدادات النفط في أوائل السبعينات السلطات ومنتجي الكهرباء إلى إيلاء اهتمام أكبر لتنوع مصادر إمدادات الطاقة في البلد.

ونظراً لأن بلجيكا لا تملك مصادر نفط أو غاز، أو فحم يمكن استغلاله بطريقة اقتصادية، فقد كان من مصلحتها أن تزود نفسها بمحطات القوى الكهربائية النووية. ووضع منتجو الكهرباء خطه استثمارية لمساندة السلطات. وتوجد في الوقت الحاضر سبع محطات قوى نووية تعمل في موقعين : دول، وتيهانغ، وتجرى دراسة بناء محطة ثامنة. وقد أقيمت أول محطة قوى في تيهانغ بالتعاون مع فرنسا على أساس مشاركة بنسبة ٥٠٪ لكل منها.

وفي نهاية عام ١٩٨٦، كان لدى بلجيكا مرافق القوى النووية التالية :

	القدرة المقامة ميغاوات كهربائي			تعمل منذ عام
	إجمالي القدرة	صافي القدرة		
موقع دول				
دول١	٤١٢	٤٠٠	٢٧١٠	١٩٧٤
دول٢	٤١٢	٤٠٠		١٩٧٥
دول٣	٩٣٦	٩٠٠		١٩٨٢
دول٤	١٠٥٩	١٠١٠		١٩٨٥
موقع تيهانغ				
تيهانغ ١	٩٢٠	٨٧٠	٢٧٩٠	١٩٧٥
تيهانغ ٢	٩٤١	٩٠٠		١٩٨٣
تيهانغ ٣	١٠٤٨	١٠٢٠		١٩٨٥
	٥٧٢٨	٥٥٠٠		

بالإضافة إلى محطة القوى النووية BR3 المقامة في موقع مول وقدرتها ١١ ميغاوات كهربائي.

وفيما يلي القدرة المقامة التابعة لمنتجي الكهرباء البلجيكيين :

دول ١-٤ : ١٠٠ ٪ أي ٢٧١٠ ميغاوات كهربائي

تيهانغ ٢و٣ : ١٠٠٪ أي ١٩٢٠ ميغاوات كهربائي

تيهانغ ١ : ٥٠٪ أي ٤٣٥ ميغاوات كهربائي

شوز (شركة أردين الفرنسية
البلجيكية للطاقة النووية) : ٥٠٪ أي ١٥٦ ميغاوات كهربائي

٥٢٢١ ميغاوات كهربائي

وسيزيد هذا الرقم في المستقبل بنسبة ٢٥ ٪ في شوز B1 و B2 (كل منهما بسعة مقدرة تعادل ١٤٠٠ ميغاوات كهربائي).

٤.١.٣ . الأداء الحالي وخطط المستقبل

صممت جميع محطات القوى بمفاعلات الماء المضغوط وفقاً لمعايير موحدة على أساس لوائح الولايات المتحدة المعدلة لإتاحة الفرصة لاستخدام معدات من مصادر مختلفة وذات أحجام مختلفة. ويوفر هذا النهج استمرار إمكانية اختيار أنسب المكونات مع تعزيز نصيب الصناعة الوطنية، الذي يزيد في بلجيكا على نسبة ٨٥٪. وتعمل محطات القوى النووية البلجيكية حتى الآن بطريقة مرضية للغاية، مما يجعل لبلجيكا واحداً من أعلى الأرقام القياسية (أكثر من ٨٧٪) لإتاحية المحطات (المعدل السنوي لاستخدام الطاقة، مع فترات التوقيف المؤقت لإعادة التحميل). إن هذا الأداء الممتاز هو نتيجة للخبرة المكتسبة في جميع المراحل، ابتداء من التصميم إلى التشغيل، وكذلك بفضل برامج الصيانة لضمان أفضل تشغيل، وكفاءة الموظفين التقنيين والصناعة الإنتاجية وأقسام التصميم.

أما فيما يتعلق بالمستقبل، فإن منتجي الكهرباء البلجيكيين قد توصلوا في أيار / مايو ١٩٨٤ إلى اتفاق مع شركة كهرباء فرنسا بشأن اشتراكهم في محطتي القوى النووية شوز B1 وشوز B2، بمفاعلي ماء مضغوط قدرة كل منهما ١٤٠٠ ميغاوات كهربائي، والمقرر تشغيلهما في ١٩٩٢ و ١٩٩٤ على التوالي.

ويتوخى البرنامج البلجيكي في المستقبل إنشاء مفاعل ماء مضغوط بقدرة ١٤٠٠ ميغاوات كهربائي في موعد سيحدد بناء على نمو الطلب على الكهرباء؛ ويتوخى تشغيل هذا المفاعل قرب منتصف التسعينات.

إن منتجي الكهرباء قد وجهوا اهتمامهم في عدة اتجاهات من أجل الإستفادة إلى أقصى حد من محطات القوى النووية التي أقاموها، وتعزيز الخبرة التي اكتسبوها، وتأمين فرص المستقبل :

(أ) تعزيز خبرة أقسام البحوث والصناعة من خلال اشتراكها في إنشاء محطتين لإنتاج القوى النووية بمفاعلات الماء المضغوط في فرنسا، في انتظار إنشاء المحطات البلجيكية (المحطة الثامنة وما يليها)؛

(ب) تنفيذ عمرة العشر سنوات لمحطات القوى المستخدمة لتحديثها وتأمين كفاءتها وسلامتها؛ وقد أجريت هذه العمرة حتى الآن في كل من دول ١ ودول ٢ وتيهانغ ١؛

(جـ) رصد سلوك أوعية التفاعل تحت ظروف التشعع، بالتعاون مع مركز دراسة الطاقة النووية خلال برنامج للبحث والتطوير يرمي لتحقيق هذه الغاية؛

(د) الاشتراك في البرنامج الدولي لتحسين أداء الوقود النووي.

وبالإضافة إلى ذلك :

(١) الاشتراك في البرنامج الدولي للمفاعلات السريعة المبردة بالصوديوم (الاشتراك في المفاعل السريع المبرد

بالصوديوم قدرة ٣٠٠ ميغاوات كهربائي (SNR-300)، والمفاعل سوبر فنيكس ١ (SPX1)؛ (٢) رصد تطوير مفاعلات الحرارة المرتفعة المبردة بالغاز.

٢.٣. المفاعلات السريعة المبردة بالصوديوم

ترجع مشاركة بلجيكا في دارسة المفاعلات السريعة إلى " المؤتمر الأول للذرة من أجل السلم" الذي عقد بجنيف في ١٩٥٥. وكان لابد من إجراء البحوث في مجالين : دراسة هندسة المفاعلات، ودورة الوقود.

وفي عام ١٩٥٦، أنشئ فريق من المهندسين في هيئة بلجونيوكليار كرس نفسه لدراسة فيزيائيات قلب المفاعل وتصميم خصائصه الحرارية الهيدروليكية. واشترك هذا الفريق خلال الفترة ١٩٥٦ - ١٩٦٤ في تصميم وبناء مفاعل إنريكو فرمي السريع، الذي أنشئ في دترويت (الولايات المتحدة).

وفي عام ١٩٦٢، أتاحت الخبرة المكتسبة لبلجيكا فرصة الاشتراك في رابطة دراسة النيوترونات السريعة، التابعة للاتحاد الأوروبي للطاقة الذرية ولجنة الطاقة الذرية، وبصفة خاصة في بناء مفاعل توليد النيوترونات السريعة المعروف باسم "هارموني"، ومنشأة مازوركا الحرجية، ومختبرات "كدراش" خلال الفترة ١٩٦٣-١٩٦٧. وخلال تلك الفترة، وضع مركز بحوث الطاقة النووية فريق خبراء في مجال القياس الطيفي وقياس الجرعات النيوترونات السريعة تحت تصرف المشروع في الموقع نفسه. وفي الفترة ذاتها، أنتجت في مول عروات الصوديوم لتشعيع الوقود في المفاعل BR2، وعروات خارج المفاعل لدراسة المواد الهيكلية وتكنولوجيا المبردات السائلة.

وفي عام ١٩٦٨، وقع اتفاق ديبين بين جمهورية ألمانيا الاتحادية وبلجيكا وهولندا. وقد أبرم هذا الاتفاق الذي يشكل نموذجاً لهيئات البحوث، والشركات الهندسية ومنتجي الكهرباء، وبقصد تصميم وبناء نموذج بدئي للمفاعل السريع المبرد بالصوديوم SNR-300 وتوفير الأساس للتطورات في المستقبل.

لقد تم تمويل بناء المفاعل SNR-300 (كلكا-جمهورية ألمانيا الاتحادية) بنسبة ٨٤٪ من ألمانيا الاتحادية، و ٨ ٪ من هولندا، و ٨٪ من بلجيكا (الميزانية النهائية). وكان أهم إسهام من الصناعة البلجيكية هو صناعة ٤٠ ٪ من الوقود وتصميم وصنع مرفقين لتخزين الوقد المشعع، وتوريد أجهزة القياس والرصد لنظام مناولة تجميعات الوقود.

وفي إطار مشروع مشترك في عام ١٩٧٣ بين فرنسا (٥١٪) وإيطاليا (٣٣٪) وبلدان اتفاق ديبين، قدمت بلجيكا مشاركة متواضعة نسبياً في بناء المفاعل سوبر فنيكس.

ومن ناحية أخرى، تعاونت بلدان اتفاق ديبين وفرنسا، أبتداء من عام ١٩٧٦، بصورة رئيسية في دراسة دورة الوقود ومواده عن طريق التشعيع المشترك في مفاعل فنيكس.

وبلجيكا الآن عضو في مجموعة الخمسة لتطوير مفاعلات النيوترونات السريعة المبردة بالصوديوم. وقد جاء قرار الانضمام لفرنسا وجمهورية ألمانيا الاتحادية والمملكة المتحدة وإيطاليا نتيجة منطقية لما أنجز من قبل طوال عدة سنوات من خلال اتفاق ديبين لبناء مفاعل التوليد السريع المبرد بالصوديوم SNR-300 .

ويواصل مركز بحوث الطاقة النووية بحوث الوقود، وبصفة خاصة مواد التغليف، والنيوترونات، والأمان النووي.

ومجمل القول أن الأنشطة المتصلة بالمفاعلات السريعة التي بدأت منذ أكثر من ٣٠ عاماً مضت قد مكنت بلجيكا من بلوغ مستوى عال من الخبرة التي تجد تطبيقاتها في الوقت الحاضر في السياق الأوروبي.

٣.٣. الشبكات الأخرى

تابعت بلجيكا تطور شبكة مفاعلات الحرارة المرتفعة المبردة بالغاز. وبوصفها عضواً في الاتحاد الأوروبي للطاقة الذرية، التي كانت عضويتها في الستينات قاصرة على ست دول، اشتركت بلجيكا عن قرب في تصميم وبناء مفاعل دراغون التجريبي الذي أنشأته بلدان منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي في ونفريث (بالمملكة المتحدة).

وقدم مركز بحوث الطاقة النووية وهيئة بلجونيوكليار إسهاماً كبيراً في تصميم وصنع جسيمات الوقود المغلفة.

ومن خلال عمليات التشعيع في المفاعل BR2، اشترك مركز بحوث الطاقة النووية بعد ذلك في تطوير أقراص الوقود مع جمهورية ألمانيا الاتحادية.

وبلجيكا عضو في الفريق العامل الدولي للمفاعلات المبردة بالغاز (TWGGCR) التابع للوكالة الدولية للطاقة الذرية، ومنتجو الكهرباء البلجيكيون اعضاء في كونسورشيوم "EUROHKG" .

٤.٣. الاندماج

إن بلدان كثيرة تجري الآن دراسات على الاندماج النووي الحراري المحكوم للأغراض السلمية. وتجرى بحوث على الجوانب الفيزيائية للبلازما، من ناحية، وعلى الجوانب التقنية لتطبيقات الطاقة، من ناحية أخرى، بواسطة أربعة أفرقة بحثية في كل من : الجماعة الأوروبية الموسعة، الولايات المتحدة الأمريكية وكندا، اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية، واليابان.

وتشترك بلجيكا في كلا النشاطين في برنامج الجماعة الأوروبية؛ فتشترك جامعة بروكسل الحرة (ULB)، ومختبر البلازما بالمدرسة العسكرية الملكية (ERM) في الدراسات الفيزيائية، وعلى وجه الخصوص في مجال التسخين عالي التردد، بينما يشترك مركز بحوث الطاقة النووية في الأنشطة التكنولوجية. وتختص البحوث التكنولوجية

بالمواد الهيكلية، والمواد الخزفية المولدة للتريتيوم، ومواد التبريد، بما فيها المعادن السائلة، ودورة الوقود (التريتيوم)، والمناولة عن بعد، وتصميم النظم، وبصفة خاصة نظم هامش الأمان. وتتضمن هذه البحوث اختبارات داخل المفاعل وخارج المفاعل (التشعيع في المفاعل BR2).

والاندماج النووي الحراري لإنتاج الطاقة هو نشاط طويل الأجل قد تساعد فيه بحوث الدراسات الأساسية (العامة) على تعزيز وبناء الخبرة في مجال بحوث الانشطار وقد تكون لها تطبيقات صناعية جانبية.

٥.٣. مفاعل اختبار المواد BR2

رغبة منها في امتلاك كل ما يلزم لتطوير الطاقة النووية، زودت بلجيكا نفسها بمفاعل لاختبار المواد ذي أداء مدهش؛ تدفقات عالية من النيوترونات السريعة والنيوترونات الحرارية (تصل إلى $١٠^{١٥}$ نيوترون سم$^{-٢}$ث$^{-١}$)، وسعة تجريبية عالية (مائة قناة أو نحو ذلك في الوعاء، وعدة تسهيلات لحزم النيوترونات الخارجة).

يستخدم اليورانيوم العالي التخصيب كوقود للمفاعل BR2 الذي يهدأ ويبرد بالماء الخفيف. ويحتوي المفاعل على كنان معدني من البريليوم. وتختلف قدرته الحرارية باختلاف تركيب القلب وحجم الشحنة التجريبية: وقد تصل القدرة الحرارية التي تتراوح بين ٦٠ و ٨٠ ميغاوات إلى ١٢٠ ميغاوات ووصل المفاعل إلى درجة الحرجية في حزيران/ يونيه ١٩٦١؛ ودخل نظام القدرة في أيلول/ سبتمبر ١٩٦٢، وبدأ تشغيله في كانون الثاني/يناير ١٩٦٣ بشحنة تجريبية. وجدد كِنان البريليوم في عام ١٩٧٩.

ونظراً لان القدرة التجريبية للمفاعل BR2 كانت أكبر (كثيراً) من احتياجات البلد، ونظراً لارتفاع تكلفة تشغيله، فقد وقع اتفاق للتشغيل المشترك مع لجنة الاتحادات الأوروبية في بداية الستينات.

وفيما بعد، وعقب انسحاب الاتحاد الأوروبي للطاقة الذرية، اشترك المركزان النوويان الألمانيان في كارلسرو وجوليتش في تشغيل المفاعل، وأسهما بنسبة ٥٠٪ في تكاليف تشغيل مجمع المفاعل BR2 .

وبعد استكمال هذه البرامج بنجاح، لم يعد الألمان يشتركون في تشغيل المفاعل، الذي يستخدمه البلجيكيون وحدهم الآن.

لقد لعب المفاعل دوراً داعماً في تطوير المفاعلات التي تبرد بالماء، والمفاعلات السريعة التي تبرد بالصوديوم، ومفاعلات الحرارة المرتفعة التي تبرد بالغاز، والإضافة إلى استخدامه للأغراض الإيضاحية في تجارب المفاعلات السريعة المبردة بالغاز. وكانت تجارب التشعيع تتعلق بالدرجة الأولى بالمواد والوقود. وسمح تصميم الدوائر التجريبية المركبة داخل قلب المفاعل بإجراء عمليات تشعيع مطولة على تجميعات الوقود للمفاعلات السريعة التي تبرد بالصوديوم؛ وتجارب الحالات الانتقالية واختبارات الأمان.

٦.٣. مفاعلات البحوث التابعة لمركز بحوث الطاقة النووية

يمتلك مركز بحوث الطاقة النووية ثلاثة مفاعلات بحوث تستخدم في مختبراته في مول : المفاعلات BR1 و BRO2 وفينوس.

والمفاعل BR1 هو مفاعل بحوث يهدأ بالغرافيت ويبرد بالهواء، ويستخدم فيه اليورانيوم الطبيعي. وقدرته الحرارية تبلغ نحو ٤ ميغاوات، ويبلغ عندها تدفق النيوترونات نحو ٥×١٠^١٢ ن سم^-٢ ث^-١. إن هذا أول مفاعل يقام في بلجيكا، وقد صممه وبناه مركز بحوث الطاقة النووية بدعم من مراكز البحوث والصناعة البلجيكية. ووردت الولايات المتحدة الأمريكية الوقود وجاء الغرافيت عالي النقاوة من المملكة المتحدة. ولا يزال المفاعل، الذي بلغ مستوى الحرجية في أيار/مايو ١٩٥٦، يعمل حتى الآن، وهو يستخدم في الوقت الراهن عند مستوى قدرة منخفض للأغراض التالية : (١) تحاليل التنشيط بناء على طلب الجامعات والصناعة، ويتسم المفاعل في هذا الصدد بخصائص هامة منها أن تدفق النيوترونات فيه منتظم من الناحية الفراغية؛ (٢) عمليات المعايرة لمختلف المختبرات والدراسات.

والمفاعل BRO2 هو النموذج النووي للمفاعل BR2. وهو مفاعل طراز حوض السباحة، يماثل في قلبه وأطرافه المفاعل BR2. وقدرته الحرارية تقتصر على بضع مئات وات.

ولا يزال المفاعل الذي بدأ تشغيله في كانون الثاني/يناير ١٩٦٠، يعمل حتى الآن، وهو يستخدم حالياً في عمليات المعايرة والقياس المتعلقة بالشحن التجريبي للمفاعل BR2. وهو يقع في مجمع المفاعل BR2.

وفينوس هو مفاعل تجريبي منخفض القدرة (بضع مئات وات). وقد صمم في بداية الستينات وبدأ تشغيله في عام ١٩٦٣ في إطار مشروع فولكان (الإزاحة الطيفية). وهو يستخدم حالياً للتحقق من الرموز الحسابية في النيوترونيات للمفاعلات المبردة بالماء. ومن الأمثلة البارزة لاستخداماته إعادة تدوير البلوتونيوم، واستخدام ممتصات النيوترونات، وإدارة قلب المفاعل، ودراسة تأثير الإشعاع على الوعاء والهياكل.

٤. دورة الوقـــــود

١.٤. اليورانيوم الطبيعي

لا تجرى في الوقت الراهن عمليات استكشاف لليورانيوم في بلجيكا، وليست هناك أي ترسبات محددة من اليورانيوم. غير أن بعض المصانع الصغيرة تستخلص اليورانيوم من أملاح فوسفات مستوردة منذ عام ١٩٧٩ (نحو ٤٥ طناً من اليورانيوم في السنة).

ويورد اليورانيوم الطبيعي اللازم لمحطات القوى النووية البلجيكية لمنتجي الكهرباء البلجيكين الرئيسيين من خلال شركة الوقود النووي البلجيكية "سيناتوم" (٥٠٪ مساهمة حكومية، و ٥٠٪ شركات الكهرباء الخاصة). ويشترى اليورانيوم بكمية تبلغ نحو ٩٩٠ طناً سنوياً من منتجي اليورانيوم الأجانب، باستثناء كمية اليورانيوم التي تستخلص من أملاح الفوسفات في بلجيكا.

٢.٤. التخصيب

لا يوجد في بلجيكا مصنع لتخصيب اليورانيوم، ولذلك فهي تعتمد على إمداداته من البلدان الأخرى.

ويغطي الجزء الأكبر من احتياجات محطات القوى البلجيكية للتخصيب من خلال عقود طويلة الأجل مع وزارة الطاقة في الولايات المتحدة (USDOE)، ومؤسسة "تيخسناب إكسبورت" بالاتحاد السوفياتي، وشركة يوروديف (فرنسا).

وقد وقعت عقود وزارة الطاقة الأمريكية في عام ١٩٧١، ووقع عقد تيخسناب إكسبورت في عام ١٩٧٣.

أما شركة يوروديف فقد تأسست بمشاركة بلجيكية في نهاية ١٩٧٣، ووقع معها عقد الإمداد بخدمات التخصيب لبلجيكا في ١٩٧٥. ويوروديف شركة محدودة تخضع للقانون الفرنسي بمشاركة دولية في الأسهم وشركة "سيناتوم" البلجيكية هي المساهم المباشر بنسبة ١١,١١١٪ هي المساهمة البلجيكية في شركة يوروديف.

وتورد الولايات المتحدة الأمريكية اليورانيوم شديد التخصيب اللازم لمفاعل اختبار المواد عالي التدفق BR2 . وكل عملية توريد تتطلب منح ترخيص خاص من الولايات المتحدة. وفي الوقت الحاضر يصنع هذا الوقود في أوروبا، في مصنع فرنسي أو مصنع ألماني.

٣.٤. وقود أكسيد اليورانيوم

في عام ١٩٥٨، اشتركت شركتان بلجيكيتان متخصصتان كبيرتان في تأسيس شركة هي متيالورجي إى ميكانيك نيوكليار (MMN) لغرض توريد تجميعات الوقود لمفاعلات البحوث التابعة لمركز بحوث الطاقة النووية في مول وفيما بعد لمحطات القوى النووية المبردة بالماء المضغوط.

ووقع الاختيار على موقع ديسيل لقربه من مركز بحوث الطاقة النووية ومرافق أخرى مثل يوروشيميك والمكتب المركزي للقياسات النووية التابع للاتحاد الأوروبي للطاقة الذرية (BCMN) .

وكان النشاط الرئيسي لشركة MMN هو صناعة عناصر وقود اليورانيوم الشديد التخصيب المغلفة بطبقات موحدة المركز، اللازمة للمفاعل BR2. وقد وردت الشركة لمركز بحوث الطاقة النووية أكثر من ٢٠٠٠ عنصر من

مختلف الأشكال.

وسرعان ما أصبح من الواضح أن أكسيد اليورانيوم يو أ٢ سيكون الوقود الأساسي لمفاعلات القوى. وهكذا ركزت شركة MMN أنشطتها في هذه الاتجاهات. وخلال الفترة ١٩٦٣ - ١٩٧٣، أصبحت المورد المتخصص للوقود لمفاعلات الماء الخفيف من قبيل المفاعل BR3 (مول)، وسينا (شوز)، ودول ١ ودول ٢، ودوديوارد (هولندا).

وعندما قررت هيئة كهرباء فرنسا (EDF) بدأ برنامجها لمحطات القوى النووية، رأت الشركات الفرنسية والبلجيكية المنتجة للوقود استصواب استخدام الطاقة الإنتاجية لمصنع ديسيل فوفرت له التسهيلات السوقية اللازمة.

وفي عام ١٩٧٣، تأسست شركة فرنسية بلجيكية جديدة لتصنيع الوقود باسم فرانكو-بلج لصناعة الوقود (FBFC)؛ وامتلكت هذه الشركة مصنع ديسيل الذي كان يعمل بطاقة إنتاجية تبلغ ٢٠٠ طن يوارنيوم في السنة، ووصل إنتاجه خلال بضع سنوات إلى ٤٠٠ طن سنوياً. وخلال الفترة من ١٩٧٤ حتى نهاية ١٩٨٥ تقريباً، استخدم أكثر من ٤٠٠٠ طن من اليورانيوم لصناعة أقراص الوقود وتم توريد أكثر من ٧٥٠٠ تجميعة وقود لمفاعلات القوى البلجيكية والفرنسية. وكانت هذه الزيادة السريعة في كمية الناتج وعمليات المصنع الذي كان يعمل فوق طاقته مصدر قلق كبير لإدارة المصنع.

وحلت المشكلات بالتطبيق الصارم للتدابير التالية : "١" برنامج دقيق لمراقبة النوعية، بما في ذلك مراقبة الموظفين المشتركين في عمليات الإنتاج؛ "٢" التطبيق التدريجي لمعالجة البيانات التشغيلية بالحاسبات الإلكترونية؛ "٣" زيادة الإنتاجية عن طريق التدريب المستمر للفنيين وإدخال نظام الأتمتة في النقاط الحساسة في خطوط الإنتاج.

والإنتاج يخضع الآن لمستوى عال من المعايرة لتوريد ١٧×١٧ تجميعات الإبر للمفاعلات المبردة بالماء المضغوط قدرة ٩٠٠ و ١٣٠٠ ميغاوات كهربائي. وسيؤدي النوع الجديد من التجميعات، تجميعة الوقود المتقدمة (AFA)، دوراً متزايد الأهمية في برنامج المفاعلات البلجيكية والفرنسية، وسيكون مهماً بصورة متزايدة ايضاً للتوريد للبلدان الأخرى.

٤.٤. وقود مخلوط اليورانيوم والبلوتونيوم

تتوفر لدى شركة بلجونيوكليار الآن خبرة أكثر من ٣٠ عاماً في صناعة الوقود المختلط للمفاعلات الحرارية والسريعة.

وبعد عدة سنوات من البحث والتطوير مع مركز بحوث الطاقة النووية، وتشغيل مصنع تجريبي في موقع هذا المركز فيما بين ١٩٦٩ و ١٩٧٥، أنشئ مصنع إنتاجي يعمل في ديسيل منذ عام ١٩٧٣. وهذا المصنع هو أحد ثلاث منشآت صناعية تنتج وقود مخلوط الأكاسيد في السوق العالمية.

ويبلغ إجمالي الإنتاج حتى الآن ٨ أطنان (٣٤٤ تجميعات) للمفاعلات الحرارية و ٦ أطنان (٩١ تجميعة) للمفاعلات السريعة. وقد ثبتت جودة التكنولوجيا من خلال إعادة شحن التجميعات في المفاعلات، ولاسيما في المفاعل BR3 (ماء مضغوط) والمفاعل غاريغليانو (يبرد بالماء الغالي في إيطاليا). وقد فرضت قيود صارمة على مناولة البلوتونيوم مما جعل الاستثمار في مصنع الإنتاج باهظاً، بحيث أصبح تأثير معامل الاستخدام على تكلفة الإنتاج طاغياً.

ولعب تحليل العوامل الاقتصادية دوراً هاماً في قرار فرنسا وبلجيكا مؤخراً بتجميع جهودهما في مجال إنتاج الوقود المختلط.

ووقع منذ بضع سنوات اتفاق بين البلدين للتعاون في مجال وقود المفاعلات السريعة. وفي ١٩٨٤، قررت الشركات الفرنسية والبلجيكية المعنية. توسيع هذا الاتفاق ليشمل الوقود المختلط للمفاعلات المبردة بالماء. والتخطيط للتوسيع المنسق لإمكانيات الإنتاج الصناعي. وتأسست مجموعة كوموكس (COMMOX)، وهي مجموعة أصول اقتصادية، في عام ١٩٨٤ بمشاركة ٦٠٪ من شركة كوجيما و٤٠٪ من شركة بلجونيوكليار؛ والغرض منها هو تسويق إنتاج الشركاء.

وتجري دراسة خطط لزيادة الطاقة الإنتاجية في فرنسا وبلجيكا لتلبية الاحتياجات بأدنى حد من تكلفة الإنتاج؛ وتأخذ هذه الخطط في الاعتبار سوق إعادة تدوير البلوتونيوم التي توفرها مفاعلات هيئة كهرباء فرنسا ومحطات القوى الأخرى.

ومن شأن التنبؤات الحالية لآفاق الطاقة الإنتاجية للشركاء أن تؤدي إلى زيادة الطاقة الإنتاجية لمصنع شركة بلجونيوكليار في ديسيل إلى أكثر من كمية الـ ٣٥ طناً في السنة التي يجري اختبار تشغيلها في الوقت الحاضر.

٤.٥. إعادة معالجة الوقود المشعع

بدأت إعادة معالجة الوقود المشعع في بلجيكا في أواخر الخمسينات. وفي عام ١٩٥٨، اتخذ قرار بإنشاء وتشغيل مصنع تجريبي لإعادة المعالجة الكيميائية في ديسيل. وكان هذا المصنع بمثابة مشروع مشترك لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي التي تضم ١٣ بلداً أوروبياً.

وبدأ إنشاء المصنع في ١٩٦٢، واستخدامه في ١٩٦٦. وفيما بين ١٩٦٦ و ١٩٧٤، عولج ٨٦ طناً من وقود المفاعل التجريبي، و ١٥ طناً من وقود المفاعل الحراري، و ٣٠ طناً من وقود اليورانيوم شديد التخصيب. وأسفرت عمليات إعادة المعالجة في الإجمالي عن استرجاع ٦٧٨ كيلوغراماً من البلوتونيوم.

وتطبق طريقة بوركس التي اختيرت لاستخلاص وتنقية اليورانيوم والبلوتونيوم في الوقت الحاضر في جميع مصانع إعادة المعالجة.

ولم يكن قرار وقف أنشطة إعادة المعالجة، الذي اتخذه في عام ١٩٧١ مجلس مديري الشركة، سببه صعوبات تقنية بأي حال، لكنه يعزى إلى اعتبارات سياسية، واقتناع بعض الدوائر بأن المعارف الإضافية التي ستكتسب من مواصلة تشغيل منشأة منخفضة الطاقة الإنتاجية لا تبرر التكلفة. ولذلك كان لابد من إنشاء مصانع ذات حجم قابل للاستمرارية من الناحية التجارية مع احتمال أن يؤدي ذلك إلى فائض قصير العمر في طاقة إعادة المعالجة في العالم.

ودفعت المصاعب التي واجهتها في السبعينات المصانع الكبيرة التي أنشئت أو خططت في الولايات المتحدة وأوروبا عدداً من المتخصصين إلى إدراك قيمة الدراية الفنية العملية لدى يوروشيميك وأقنعتهم بأن استمرار تشغيل المصنع سوف يسهم بلا شك على نحو إيجابي في تقدم عملية إعادة المعالجة الصناعية لوقود مفاعلات الماء الخفيف.

ودفع التخلي عن أنشطة إعادة المعالجة مجلس مديري يوروشيميك إلى بدء برنامج في ١٩٧٤، بالتعاون مع السلطات البلجيكية، لتفكيك وترك الموقع إذا لزم الأمر. وتضمن هذا البرنامج عنصرين؛ الأول تطهير وتنظيف المنشآت. والثاني معالجة النفايات السائلة والصلبة وتخزينها (على سطح الأرض).

ونظراً لعودة الاهتمام باستئناف إعادة المعالجة بوضوح في بعض الأوساط بعد اتخاذ قرار وقف هذا النشاط بفترة وجيزة، نفذت أعمال التنظيف والتطهير بطريقة تسمح بالمحافظة على المنشآت. وسمح هذا البرنامج، الذي استكمل في ١٩٨٠ بتخفيض مستويات الإشعاع والتلوث إلى قيم سمحت بإجراء عمليات التفكيك أو إعادة البناء في ظروف إشعاعية مُرضية.

وطبقاً لاتفاق بدء سريانه في عام ١٩٧٨ بين حكومة بلجيكا ويوروشيميك، أصبحت الحكومة هي مالك المنشأة في عام ١٩٨٠.

وبعد مناقشة حول سياسة الطاقة، أوصى البرلمان البلجيكي في عام ١٩٨٣ بإعادة معالجة الوقود المشعع. وشكل فريق دراسة باسم «مجموعة سيبلبرو» (SYBELPRO) لتحديد الأساس التقني والمالي لهذا النشاط، وجوانب السلامة الأساسية. وفي آذار/ مارس ١٩٨٤ خلصت هذه المجموعة التي اشتركت في عضويتها شركات سيناتوم (بلجيكا، ٥٥٪)، والشركة العامة للمواد النووية (COGEMA) كوجيما (فرنسا، ٢٠٪)، والشركة الألمانية لإعادة معالجة الوقود النووي (DWK) (جمهورية ألمانيا الاتحادية، ٢٠٪) والشركة البريطانية للوقود النووي (BNFL) (بريطانيا، ٥٪)، إلى أنه يمكن استئناف تشغيل مصنع ديسيل تحت ظروف تقنية ومالية مقبولة. وتوخى المشروع طاقة معالجة سنوية قصوى في حدود ١٢٠ طناً، يمكن أن تكون نسبة ٣٠٪ منها من وقود البلوتونيوم المخصب (وقود مخلوط الأكاسيد) (MOX) ؛ كما توخى أيضاً معالجة أنواع وقود أخرى.

واختارت شركة سيناتوم عندئذ إعادة تشغيل مصنع يوروشيميك، لكن شركائها الأجانب رفضوا المساهمة على

أساس أن الطاقة الإنتاجية المخططة لإعادة المعالجة تزيد على الطلب.

وبعد أن أنجز فريق "سيبلبرو" مهمته، تم حله في ١٩٨٤، لكن سيناتوم واصلت في ١٩٨٥ و ١٩٨٦ الدراسة والبحوث التي كان الشركاء الأجانب يقومون بها.

وأخيراً، وبعد مرور ١٢ سنة من المحاولات لإعادة تشغيل مصنع يوروشيميك وفشل العثور على شركاء أجانب، قررت سيناتوم التخلي عن المشروع في كانون الأول/ ديسمبر ١٩٨٦. قررت حكومة بلجيكا أن تعهد بمهمة تطهير وتفكيك المصنع للهيئة الوطنية للنفايات المشعة والمواد الانشطارية (ONDRAF).

٤.٦. تهيئة النفايات وتخزينها

يهتم مركز بحوث الطاقة النووية منذ تأسيسه بعمليات معالجة النفايات المشعة وتهيئتها وتخزينها. ولهذا الغرض، نفذ المركز برنامجاً موسعاً للبحث والتطوير في المجالات التالية:
(١) اختزال حجم النفايات التي تحوي البلوتونيوم، ذات النشاط الإشعاعي المنخفض وتهيئة أوحال مياه الصرف لأغراض التخزين؛ (٢) دراسة خصائص ونوعية النفايات المهيأة؛ (٣) دراسة التخزين الجيولوجي للنفايات المهيأة شديدة النشاط التي تحوي البلوتونيوم في الطّين؛ (٤) دراسة مشكلات محددة (تنظيف الغازات ومعالجة نفايات خاصة).

(١) تهيئة النفايات منخفضة النشاط

استحدثت طريقة المعالجة بالقار للمرة الأولى في مركز بحوث الطاقة النووية لمنع ذوبان المركّزات منخفضة النشاط الناتجة من معالجة النفايات، وعلى وجه التحديد الأوحال والرماد. وتستخدم هذه العملية بصورة منتظمة بدون أي مصاعب خاصة، منذ أوائل الستينات. وطوال هذه الفترة يطبقها كثيرون من منتجي النفايات الآخرين، أحياناً في أشكال أكثر تعقيداً.

ومن العمليات الأخرى التي استحدثها مركز بحوث الطاقة النووية الترميد في درجات الحرارة العالية؛ وفي هذه العملية تجفف النفايات ثم تحرق عند درجة حرارة تتراوح بين ١٤٠٠ و ١٥٠٠ درجة سلسيوس. وقد أنشئ مصنع إرشادي بطاقة إنتاجية قدرها ٥٠ إلى ٨٠ كيلوغراماً في الساعة، قادر أيضاً على معالجة النفايات التي تحوي البلوتونيوم، وبدأ تشغيله في ١٩٧٤. ويجري الآن النظر في إنشاء مصنع تجريبي بطاقة إنتاجية قدرها ٤٠٠ كيلوغرام في الساعة.

(٢) دراسة خصائص النفايات المهيأة

إن دراسة خصائص النفايات المهيأة عامل هام لقبولها للتكديس أو التخزين. وعلاوة على ذلك، فإن معرفة المواد المهيأة لها قيمتها في تحسين الطرائق المستخدمة.

والمواد التي درست خصائصها هي المواد المعالجة بالقار، والخبث الناتج من الترميد عند درجات حراره مرتفعة، وزجاج البوروسليكات ولا يقتصر تعيين خصائص الغسل على الظروف التقليدية، ولكنه يشمل أيضاً الظروف البيئية (الطين أو الماء الطيني، والضغط، والحرارة).

(٣) تخزين النفايات المهيأة

بدأ في عام ١٩٧٦ برنامج البحث والتطوير لدراسة جدوى تخزين النفايات المهيأة شديدة النشاط أو النفايات الملوثة بالبلوتونيوم في الطين (المعروف أيضاً بالتخزين الجيولوجي)؛ ويمول هذا البرنامج جزئياً من لجنة الاتحادات الأوروبية.

وقد أنشئ مختبر تحت سطح الأرض في تكوين طيني في موقع مول. وكان المرفق يتركب من ممر رأسي قطره الفعال ٢,٥ متر، ونفق أفقي بطول ٣٠ متراً وقطر ٣,٥ متر على عمق ٢٢٠ متراً. وأسفر بناء المرفق عن الحصول على معلومات هامة عن أسلوب الحفر في الطين على أعماق كبيرة تحت ضغط إيدروستاتي هائل. ويمكن الآن تنفيذ برنامج متماسك للبحث والتطوير ودراسة أنواع الحفر البديلة.

(٤) أنشطة متنوعة

هناك مشكلات أخرى كثيرة تصدى لدراستها ولايزال يدرسها مركز بحوث الطاقة النووية. وقد نشأت هذه المشكلات من أنشطته التنفيذية الخاصة، أو تدرس بموجب عقد مع الاتحاد الأوروبي. وتتضمن هذه المشكلات على وجه الخصوص، معالجة علب الوقود الفارغة، وتنظيف الانبعاثات الغازية في إعادة المعالجة بالغسل الكيميائي لغاز الكربتون وامتصاصه وتجفيفه واسترجاعه في درجة حرارة النتروجين السائل. ويتولى إجراء العملية الأخيرة مختبر طاقته ٥٠ ن م٣ في الساعة يعمل بصورة مستمرة بطريقة مؤتمتة لمدة ٠٠٠ ١٠ ساعة حتى الآن.

(٥) إسهام يوروشيميك

خلال عمليات إعادة المعالجة التي تقوم بها شركة يوروشيميك، نفذت الشركة برنامجاً لتهيئة النفايات أسفر عن تطوير العمليات وتصميم منشآت جديدة واستخدامها. وتجدر الإشارة إلى المنشآت التي تحول فيها النفايات السائلة ذات النشاط المتوسط إلى صورة غير ذائبة عن طريق معالجتها بالقار، وإلى معالجة المذيبات العضوية المستهلكة، وتهيئة النفايات الصلبة الملوثة بشدة بالبلوتونيوم. وبالإضافة إلى ذلك، أسهمت يوروشيميك في تطوير عملية التحقق الألمانية "باميلا" (PAMELA) (تصليد زجاج الفوسفات وتغليف النفايات السائلة بالمعدن) وفي ١٩٨٥، شرعت الوحدة التجريبية الصناعية الأولى التي أنشئت في ديسيل في تهيئة النفايات شديدة النشاط الناتجة من الأنشطة السابقة التي قامت بها يوروشيميك.

وقد أسهم البرنامج التقني الذي نفذته يوروشيميك منذ توقف عمليات إعادة المعالجة بشكل هام في حل المشكلات التي أثارها توقف المنشآت المماثلة وتصريف النفايات.

(٦) استنتاجات

إن برنامج البحث المشروح هنا كبير جداً ومتنوع. وقد كان من رأي مركز بحوث الطاقة النووية وسائر الشركاء دائماً أن وجود أساليب يعول عليها لمعالجة النفايات وتخزينها شرط أساسي لتنمية الطاقة النووية في بلد كبلجيكا. ويلقى هذا الرأي مساندة من جانب السلطات على المستوى الوطني، والصناعة النووية، والهيئة الوطنية لتصريف النفايات المشعة والمواد الانشطارية، والهيئات الدولية، وبخاصة الجماعة الأوروبية، ومنظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي.

٧.٤. إدارة النفايات المشعة

تطبيقاً لقانون صدر في ١٩٨٠، أنشأت بلجيكا هيئة عامة لإدارة النفايات المشعة والمواد الانشطارية، حددت مهامها وأساليب عملها في مرسوم ملكي نشر في نشرة "مونيتير بلج" بتاريخ ٥ أيار / مايو ١٩٨١.

والهيئة الوطنية للنفايات المشعة والمواد الانشطارية «أوندراف» (ONDRAF) تعمل في المجالات التالية : (أ) نقل النفايات المشعة المهيأة أو غير المهيأة والوقود المشعع من المنشآت الإنتاجية، بالإضافة إلى نقل المواد الانشطارية المخصبة والمواد التي تحتوي البلوتونيوم؛ (ب) تهيئة النفايات المشعة لوحدات المعالجة التي تنقصها المعدات المناسبة؛ (جـ) تكديس النفايات المشعة بعيداً عن منشآت الإنتاج قبل تهيئتها و/أو تصريفها؛ (د) تكديس الوقود المشعع بعيداً عن منشآت محطات القوى أو مصانع إعادة المعالجة؛ (هـ) تصريف النفايات المشعة المهيأة؛ (و) تكديس المواد التي تحتوي البلوتونيوم.

وأوندراف لها وظيفة قانونية تتعلق بحماية البيئة، والسكان عموماً، والعمال من أخطار الإشعاع المؤين، ويقع عليها واجب خاص يتعلق بالتحقق من خلال تدابير التأمين ومراقبة الجودة من مراعاة المعايير والمواصفات التي حددتها السلطات المختصة.

وأوندراف مسؤولة أيضاً عن اقتراح مواضيع البحث والتطوير في نطاق مجالات اختصاصها فيما يتعلق بتهيئة وتخزين وتصريف النفايات المشعة.

وتتلقى أوندراف النفايات لمعالجتها بموجب اتفاقات تعقد مع حائزي هذه النفايات؛ وتحدد هذه الاتفاقات بوجه خاص إجراءات نقل المسؤولية، وشروط القبول المالية والتقنية.

وقد تجرى عمليات النقل والمعالجة والتهيئة والتخزين بالكامل أو جزئياً بواسطة أوندراف، وقد توكل هذه العمليات لأطراف ثالثة تتوفر لديها المعدات اللازمة.

ونظراً لأن أوندراف ملتزمة بموازنة حساباتها، فإن جميع نفقاتها في إدارة النفايات، بما في ذلك تكاليف البحوث التطبيقية على النحو المحدد في الاتفاقات التي يقبلها حائزو النفايات، يتحملها الحائزون.

ولتلبية الاحتياجات في المستقبل، وضعت أوندراف برنامجاً للدراسات الأولية والبحث والتطوير من شأنه أن يؤدي بصورة طبيعية إلى تعيين وإنتاج المعدات اللازمة.

ويتناول برنامج البحث والتطوير المشار إليه بوجه خاص ما يلي : (١) إقامة منشآت مركزية جديدة و/أو إضافية لمعالجة وتهيئة النفايات التي تعطي إشعاعات ألفا وبيتا وغاما؛ (٢) إنشاء بنية أساسية لتخزين النفايات ذات الإشعاع الضعيف و/أو تفريغها على الأرض؛ (٣) توضيح الجدوى التقنية والاقتصادية للتصريف الجيولوجي للنفايات شديدة الإشعاع في طبقات الطين العميقة.

لقد دفعت ضخامة التمويل اللازم لنجاح تنفيذ هذا البرنامج للدراسات الأولية والبحث والتطوير (الذي يستوعب أيضاً البحث والتطوير الذي يقوم به مركز بحوث الطاقة النووية في مجال التصريف الجيولوجي) أوندراف إلى العمل على ضمان الحصول على التمويل المباشر للبرنامج من المنتجين بموجب اتفاقات خاصة.

٥. التطبيقات غير الطاقية

١.٥. تحضير العناصر المشعة

أولي طوال تنفيذ البرنامج النووي البلجيكي اهتمام للتطبيقات في غير مجال الطاقة. وحرص مركز بحوث الطاقة النووية على دراسة وإنتاج وتحضير العناصر المشعة؛ وكان الإنتاج يأتي في البداية من المفاعل BR1 ، لكن الجزء الأكبر جاء فيما بعد من المفاعل BR2 .

وفي عام ١٩٧١، قررت حكومة بلجيكا إنشاء هيئة عامة باسم المعهد الوطني للعناصر المشعة (IRE) ومقره بروكسل. ونشر النظام الأساسي في الجريدة الرسمية مونيتور بلج بتاريخ ١٦ كانون الأول/ ديسمبر ١٩٧١. والغرض من المنشأة هو تحضير العناصر المشعة وتوفيرها لجميع الهيئات الأفراد المهتمين، وتنمية تطبيقات هذه العناصر في جميع الميادين، ولكن بصفة خاصة في القطاعين الحيوي الطبي والصناعي.

وبدأ تشغيل مختبرات المعهد القائمة في فلوروس (شمال شارلروا) في عام ١٩٧٢.

ويضم المعهد الوطني للعناصر المشعة بعض المعدات الهامة، منها على وجه الخصوص جهازان للتشعيع بأشعة غاما بمصدر كوبلت-٦٠ غامير ١ (١,٥ ميغاكوري)، ويستخدم في تعقيم الإمدادات الطبية التي تستعمل مرة واحدة، وغامير ٢ (٠,٥ ميغاكوري) ويستخدم في تشعيع الأغذية. ومنذ عام ١٩٨٤، امتلك المعهد جهاز سيكلوترون ينتج ٩٠ ميغا الكترون فولت بروتونات ويستخدم في الإنتاج الصناعي للعناصر المشعة ذات عمر نصف قصير. وقد أمكن تحقيق هذا النشاط الجديد بفضل مجموعة من الاتفاقات مع المراكز الجامعية المعنية.

وبنية المعهد الأساسية تمكنه من القيام بأنشطة متعددة للغاية، والقطاعات الرئيسية هي : (١) إنتاج العناصر المشعة من قبيل اليود-١٢٣، واليود-١٣١، والإيريديوم-١٩١، والكربتون-٨ (im)، والمولبدينوم-٩٩، والزينون-١٣٣؛ (٢) إنتاج المواد الصيدلية المشعة للتشخيص في الحي (أهم عنصر في الجهاز هنا هو مولد التكذيتوم-٩٩ إم؛ (٣) إنتاج مستلزمات التحليل الحيوي الطبي للتشخيص في المختبر؛ (٤) تطوير التطبيقات الصناعية للعناصر المشعة (المصادر المختومة، التصوير الغامي، وكاشفات الدخان، إلخ؛) (٥) الإنتاج الصناعي للعناصر المشعة في السيكلوترون؛ (٦) تهجين الخلايا، وإنتاج الأجسام المضادة وحيدة النسيلة، واستحداث طرق جديدة غير إشعاعية للاختبارات المناعية.

وهدف المعهد في السنوات القليلة القادمة هو المحافظة على وضعه في التكنولوجيا الحيوية، والنجاح في إنتاج خطوط منتجات جديدة، وزيادة جهوده في مجال البحث والتطوير. وفي المجال الأخير، تجدر ملاحظة أن المعهد يهتم خاصة بمشكلة الغذاء العالمي والآفاق التي يوفرها التشعيع وهو مجال يتمتع فيه المركز بكفاءة خاصة.

٢.٥ . التطبيقات الطبية والحماية الإشعاعية

تتزايد بشدة التطبيقات الطبية للإشعاع المؤين في المستشفيات العامة، فيما يتعلق بالمعالجة بالإشعاع، والطب التشخيصي (أجهزة التصوير بأشعة غاما والبوزيترون) وفي المختبرات الحيوية السريرية.

ويمكن تصنيف البحوث المتعلقة بالحماية الإشعاعية على النحو التالي : قياس جرعات مختلف أنواع الإشعاع، بحوث انتقال النويدات المشعة في البيئة ومساراتها اللاحقة، تأثيرات الإشعاع اللاعشوائية، تأثيرات الإشعاع الوراثية، التسرطن الإشعاعي.

واهتمت لجنة الاتحادات الأوروبية بمساعدة الباحثين من مختلف البلدان على التعاون فيما بينهم.

ويمتلك مركز بحوث الطاقة النووية مزرعة تجريبية (حظائر، وحقول ومراعي) لدراسة انتقال النويدات المشعة من التربة إلى النباتات المنزرعة ومن العلف إلى الحيوان. ولدراسة الماشية، توجد بالمزرعة أقفاص لمتابعة عمليات الأيض في حيوانات المزرعة الرئيسية (البقر، والأغنام، والخنازير، والدواجن).

٣.٥ . تطبيقات أخرى في غير مجال الطاقة

لا تتطلب التطبيقات غير الطاقية الأخرى للانشطار النووي سوى ميزانيات قليلة : وتغطيها اتفاقات بين الجامعات ومعاهد التعليم العالي البلجيكية والبلدان المهتمة بتطبيقات معينة في القطاعين الطبي والزراعي-الغذائي.

وتؤدي الوكالة الدولية للطاقة الذرية دوراً في الحفز والتنسيق كما يتضح على سبيل المثال من وضع مشروع لمكافحة ذبابة تسي-تسي بأسلوب الحشرات العقيمة (SIT) في نيجيريا. وقد بدأ المشروع في عام ١٩٧٩

كبرنامج تعاوني بين حكومة جمهورية نيجيريا الاتحادية والوكالة الدولية للطاقة الذرية. وتشترك بلجيكا وألمانيا وإيطاليا والسويد وبريطانيا العظمى في تمويل مشروع بيكوت (BICOT) للمقاومة الحيوية لذبابة تسي-تسي بأسلوب التعقيم، المقرر تنفيذه على مدى ست سنوات، والذي يتخذ له فوم مقراً له.

٦. البحوث النووية الأساسية

إن المعهد المشترك بين الجامعات للعلوم النووية (IISN) ، الذي أنشئ في ١٩٤٧، هو مؤسسة مرتبطة بالمؤسسة الوطنية للبحوث العلمية (FNRS)، وهي الهيئة المسؤولة عن القدر الضخم من البحوث العلمية الأساسية التي تجرى في جامعات بلجيكا. وتسهم معظم مؤسسات التعليم العالي في بحوث يدعمها المعهد مالياً عن طريق مشاريع تفحص سنوياً بواسطة لجان علمية مهمتها منع الازدواج وتبديد الموارد.

ويجري مركز بحوث الطاقة النووية كذلك برنامجاً محدوداً للفيزيائيات النووية في مول.

والعلوم النووية أساسية بمعنى أن معظم مشاريع البحوث تهتم بدراسة الخصائص الفيزيائية لنواة الذرة والجسيمات دون النووية. وتجرى معظم هذه البحوث بمعجلات الجسيمات.

والفيزياء النووية فرع ذو طابع تكويني للغاية إذ يعتمد على جميع موارد الالكترونيات، والإعلامية، وتكنولوجيا درجات الحرارة المنخفضة والتفريغ. لذلك فهي توفر أساساً فعالاً جداً في تخصصات عديدة أساسية للبحوث المتقدمة في فروع كثيرة من الفيزياء وعلوم المواد، والكيمياء، والطب.

وكعلم أساسي، تتداخل الفيزياء النووية بقدر كبير مع الفيزياء الفلكية والفيزياء الذرية. وهي تظهر في الوقت الحاضر كعلم أساسي لتركيب المعرفة. وفيزياء الجسيمات دون النووية هو فرع متقدم من الفيزياء يقع عند الحدود المجهرية لمعارفنا عن الكون.

وبالمقابل، قد تكون للفيزياء النووية تطبيقات هامة، على سبيل المثال في فيزيائيات المفاعلات النووية القائمة على تفاعلات النيوترونات مع نوى مواد قلب المفاعل.

وبلجيكا ينقصها معجل جسيمات عالي الطاقة. ويجري الباحثون المشتركون في بحوث فيزياء الجسيمات "بحوث المدى البعيد" في الواقع، التي يستطيعون من خلالها الاشتراك في تجارب تجرى في معجلات كبيرة أجنبية للجسيمات (CERN في جنيف، و FERMILAB بالولايات المتحدة الأمريكية، وسربوخوف في اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية). وهذا النوع من البحوث يحصل على دعم كامل من معهد العلوم النووية المشترك بين الجامعات.

وتدرس النوى وتفاعلاتها في : (١) داخل بلجيكا، باستخدام السيكلوترون "CYCLONE" ثابت الدورة الزمنية (في لوفان لا نيف)، والمعجل الخطي بجامعة Rijks-Universiteit Gent، والمفاعل BR2 في مول، والمعجل الخطي التابع للمكتب المركزي للقياسات النووية (مركز البحوث المشترك التابع للجنة الاتحادات الأوروبية في غيل)، و (٢) خارج بلجيكا، باستخدام معجلات الأيونات الثقيلة من قبيل المعجل GANIL (كين، فرنسا)، والمعجل GSI (درمشتاد، جمهورية ألمانيا الاتحادية)، ومفاعل التدفق العالي التابع لاو-لانجيفان في غرينوبل بفرنسا.

وتسد فيزياء الطاقة المتوسطة الثغرة بين دراسة النوى في ذاتها ودراسة الجسيمات دون النووية. ونظراً لأن بلجيكا تفتقر إلى معجل مناسب، فان البحوث تجرى باستخدام المعجل الخطي في ساكلاي بفرنسا (ALS)، والمعهد السويسري للبحوث النووية (SIN، فيليجين، سويسرا)، والمعجل "ساتورن" (ساكلاي، فرنسا)، وفي مركز CERN (جنيف، سويسرا).

والخطوط الرئيسية الثلاثة للبحوث التجريبية المذكورة أعلاه هي أيضاً الخطوط البحثية التي تجري متابعتها في الوقت نفسه بواسطة الفيزيائيين النظريين الذين تتوفر لهم اتصالات دولية عديدة.

وبلجيكا لها وجود في الفيزياء النووية الأساسية بالمعنى الواسع. وخلال الأربعين سنة الماضية تتولى دعم البحوث الجامعية هيئة واحدة تجمع بين جميع البحوث وتقارن فيما بينها، وتجري تقييماً لها في لجانها العلمية.

٧. برامـــج التعليم والتدريـــب

عدلت برامج التعليم في الجامعات والمعاهد التقنية العليا بسرعة لدراسة المواضيع النووية.

وأتاحت الروابط الوثيقة مع مركز بحوث الطاقة النووية للطلاب استخدام أدوات بحث فعالة، والتعرف على تشغيل أهم المنشآت وعلى التطورات التكنولوجية.

ومنذ عدة سنوات مضت، يستقبل مركز بحوث الطاقة النووية الكثير من الطلاب كل سنة لحضور دورات تدريبية في مول في مختلف التخصصات النووية. ويستكمل هذا التدريب بزيارات لمحطة القوى النووية ومصانع إنتاج الوقود والمواد.

ويستضيف مركز بحوث الطاقة النووية والجامعة البلجيكية أيضاً طلاباً كثيرين من الخارج يحضرون دورات تدريبية بموجب اتفاقات ثنائية بين الحكومات أو مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية. ويسمح هذا الانفتاح على الطلبة من الوكالة لطلاب أجانب كثيرين، وبخاصة من البلدان النامية، بالتعرف على أحدث التقنيات ولتحسين معارفهم. واستفاد بعضهم من فترة إقامتهم في بلجيكا في الحصول على درجة الدكتوراة أو الماجستير في تخصصات محددة.

٨. تقييم وضع الطاقة النووية

في عام ١٩٧٥، أنشأ وزير الطاقة "لجنة تقييم الطاقة النووية" التي عرفت أيضاً باسم "لجنة الحكماء". وجاء تشكيل هذه اللجنة تحقيقاً لرغبات الجمهور والسلطات، التي أرادت الحصول على معلومات موضوعية وبيان مستوفي عن تطور الطاقة النووية في بلجيكا.

وقدمت اللجنة التي ضمت خبراء من الجامعات ومراكز البحوث والهيئات العامة والهيئات الدولية تقريرها في عام ١٩٧٦.

وضمنت مداولاتها في تقرير موحد نهائي، وثمانية تقارير منفصله عن الجوانب التقنية التالية : (١) المشكلات الاقتصادية والمالية؛ (٢) أنواع الطاقة البديلة لطاقة الانشطار؛ (٣) أنواع المفاعلات النووية؛ (٤) اختيار المواقع (الجوانب الإقليمية)؛ (٥) الأمان النووي؛ (٦) الجوانب الصحية؛ (٧) النظم الإيكولوجية؛ (٨) دورة الوقود. ووضعت اللجنة استنتاجات وتوصيات عن كل هذه المواضيع. وأسفرت التوصيات عن متابعة مختلف برامج البحث والتطوير، ولاسيما فيما يتعلق بدورة الوقود. وتتلخص استنتاجات اللجنة فيما يلي : (أ) شريطة الالتزام الدقيق بالشروط والتوصيات المبينة وفي ظل الوضع الراهن للمعلومات، فإنه يمكن استخدام الطاقة النووية دون وجود مخاطر غير مقبولة، (ب) يجب أن يخضع كل برنامج طاقي، نووي أو غير نووي، للتعديل وإعادة التقييم بانتظام كل عشر سنوات، لإتاحة الفرصة للتصحيح أو تحويل الاهتمام في ضوء المعارف الجديدة المكتسبة.

وجرى تحديث للتقرير النهائي والتقارير التقنية مرة أخرى في عام ١٩٨٢.

٩. حماية السكان من الإشعاع المؤين

حرصت بلجيكا طوال تطوير استخدام الطاقة النووية في الأغراض السليمة دائماً على السيطرة على التلوث المحتمل بغية تقليل العواقب الضارة بالنسبة للصحة البشرية والبيئة إلى أدنى حد.

وهذا النهج يمثل فلسفة لجنة الأمم المتحدة العلمية المعنية بآثار الإشعاع الذري (UNSCEAR) ويتفق مع روح معاهدة الاتحاد الأوروبي للطاقة الذرية.

ووجود إطار قانوني وإطار دولي مرتبط به ارتباطاً وثيقاً قد سمح بتنمية الطاقة النووية مع ضمان أقصى حماية للسكان.

وقد أعلنت الدول الموقعة على معاهدة الاتحاد الأوروبي للطاقة الذرية (١٩٥٦) أنها "حريصة عن توفير ظروف

الأمان اللازمة لاستبعاد المخاطر بالنسبة لحياة الجمهور وصحته" في سياق تنمية الاستخدامات السلمية للطاقة النووية.

وفي عام ١٩٥٩، نشرت إدارة السلامة التابعة للاتحاد الأوروبي للطاقة الذرية نتائج مناقشاتها في مجموعة "المعايير الأساسية" التي كانت بمثابة توجيهات ولم تعد مجرد توصيات كما كان الحال منذ عام ١٩٥٠ فيما يتعلق بتوصيات اللجنة الدولية للحماية من الإشعاعات.

وفي آذار/مارس ١٩٥٨، أجاز البرلمان البلجيكي قانوناً عن حماية السكان من المخاطر الناشئة من الإشعاع المؤين. وأعطى المرسوم الملكي بتاريخ ٢٨ شباط/فبراير١٩٦٣، المنشور في نشرة «مونيتور بلج» في ١٦ أيار/مايو ١٩٦٣ مضموناً للإطار القانوني عن طريق توفير لوائح عامة لحماية السكان والعاملين من مخاطر الإشعاع المؤين.

ووضع هذا المرسوم كذلك إجراءات الترخيص ببناء واختبار وتشغيل المنشآت النووية. وعلاوة على ذلك، أنشأ لجان مراقبة وحدد دور مختلف فئات الخبراء. ولعب هذا المرسوم التنظيمي دوراً أساسياً فيما يتعلق بسلامة جميع المنشآت النووية في بلجيكا.

وقد جرى في مناسبات عديدة تعديل جزئي للوائح، البالغة التعقيد بسبب الرغبة في جعلها شاملة ومفصلة. وقد روجعت الآن مراجعة شاملة لجعلها ملائمة للتوجيهات الجديدة التي أصدرها الاتحاد الأوروبي للطاقة الذرية في ١٥ تموز/يوليه ١٩٨٠، والتي أعقبت ظهور منشور اللجنة الدولية للحماية من الإشعاعات رقم ٢٦، وهو منشور وضع فلسفة جديدة للحماية من الإشعاعات.

وخلصت "لجنة تقييم الطاقة النووية" بعد فحصها لحماية السكان إلى ما يلي :

« فيما يتعلق بالصحة وصحة البيئة، تعتبر اللجنة أن اللجوء إلى الطاقة النووية جائز بالقدر الذي :
تطبق فيه قواعد الحماية السارية حالياً، والقواعد المشار إليها في هذا التقرير بدقة وفي جميع الأوقات، سواء فيما يتصل بالعاملين أو الجمهور؛

تراعى فيه بدقة تدابير السلامة السارية حالياً، والتدابير المشار إليها في هذا التقرير، ابتداء من مرحلة التصميم حتى وقف التشغيل؛

تبقى فيه إدارة هذه الطاقة تحت المسؤولية الفعلية لأشخاص أكفاء على دراية تامة بالمخاطر التي تواجه الإنسان والأنواع الأخرى، سواء بالنسبة للجيل الحاضر أو الأجيال القادمة.

وفي ظل هذه الشروط وبقدر ما يرتبط اللجوء إلى الطاقة النووية بحاجة حقيقية بالنسبة للإنسان، فإن المزايا تفوق المخاطر الفعلية أو المحتملة، على الأقل بالنسبة لنوع الشبكة قيد النظر.

ولابد أن تنطبق الاشتراطات على كامل دورة الوقود، لا مجرد المفاعلات، ويجب ألا ينظر إليها كحد أمثل لا يمكن تحسينه، ولابد من إدخال التحسينات بصفة منتظمة في ضوء التقدم التقني بغية تقليل المخاطر التي تواجه العاملين ومخاطر تلوث البيئة".

١٠. سلامـة المنشآت النوويـة

جميع مفاعلات القوى النووية التي أقيمت حتى الآن في بلجيكا هي من نوع مفاعلات الماء المضغوط وستنغهاوس. وقد دفعت هذه الحقيقة السلطات المسؤولة إلى اعتماد اللوائح الأمريكية (لجنة الوقاية النووية بالولايات المتحدة) كمبادئ توجيهية للتقييم التقني للتقارير؛ ويجوز الحيود عن هذه اللوائح في حالة وجود مبررات تقنية.

ويتعين أيضاً حماية المفاعلات البلجيكية من تحطم الطائرات، وانفجارات الغاز، والحرائق الكبيرة، والظواهر الاهتزازية.

وقد أسفرت هذه المتطلبات عن نظرة إلى السلامة يحتل فيها منع وتقليل آثار الحوادث أهمية قصوى : حماية المفاعل، نبائط السلامة (سمات السلامة الهندسية) مع تطبيق المنطق التقني الخالي من الأخطاء، والاحتواء الأول في صلب مصمت أو خرسانة سابقة الاجهاد وغلاف معدني منيع، والاحتواء الثاني في خرسانه مسلحة مع التهوية في الحلقة المتوسطة، ونبائط إضافية للتحكم في المستوى الثاني. ويمثل هذا المستوى الثاني بصورة أساسية حماية من الحوادث الخارجية : وفي الوقت نفسه يوفر أماناً إضافياً في حالة الحوادث الداخلية.

وقد دفع الفحص النقدي للحادث الذي وقع في عام ١٩٧٩ في محطة القوى الأمريكية في جزيرة ثري مايل أيلند (TMI2)، المجتمع النووي إلى استخلاص دروس من الحادث طبقت في جميع المفاعلات البلجيكية. ويتلقى منتجو الكهرباء البلجيكيون باعتبارها أعضاء في مجموعة مالكي وستنغهاوس، التي تمثل نحو ١٥٠ مفاعلاً من مفاعلات الماء المضغوط، على المعلومات اللازمة لزيادة فاعلية تدابير السلامة فوراً، وهو ما ينفذ بصفة خاصة لتحسين إجراءات مواجهة الطوارئ.

وبالإضافة إلى التدريب المستمر، يتلقى القائمون على تشغيل محطات القوى تدريباً على نماذج محاكاة. وسيتم تشغيل نماذج محاكاة كبيرة، تتضمن مستوى الحماية الثاني، في موقعي دُول وتيهانغ في عام ١٩٨٨.

وعمدت السلطات والصناعة، بدلاً من إصدار لوائح بلجيكية خاصة، إلى تطبيق قواعد السلامة المطبقة في الولايات المتحدة واكتسبت معرفة عميقة بهذه القواعد من خلال تطبيقها في تصميم وبناء وتشغيل محطات القوى.

وعن طريق الاشتراك في مشاريع خارج بلجيكا، اكتسبت أقسام البحوث خبرة في لوائح فرنسا وألمانيا والوكالة الدولية للطاقة الذرية. وبعد أكثر من ١٠ سنوات من تشغيل مفاعلات قوى كبيرة، أثبت مسؤولو التشغيل، والصناعة، والسلطات البلجيكية قدرة ممتازة فيما يتصل بالسلامة النووية. والجهود التي بذلت في تنفيذ عمرة الـ ١٠ سنوات في محطات القوى دول-١ ودول-٢، وتيهانغ هي دليل آخر على حرص الجميع على استمرار النشاط في مفاعلات مأمونة ويعول عليها.

١١. الضمانـــات

منذ بداية التطبيقات النووية، سواء للأغراض العسكرية أو السلمية، أدركت السلطات الحكومية للبلدان المعنية الحاجة الملحة لوضع نظام ضمانات ضد مخاطر إساءة استخدام هذه القوة. لذلك فإن جميع الاتفاقات التي سعت الولايات المتحدة الأمريكية إلى التوصل إليها بموجب «الذرة من أجل السلم» كانت تتضمن تدابير مراقبة الغرض منها التأكد من أن مساعداتها قاصرة على استخدام الذرة في الأغراض السلمية. واتبعت بقية البلدان سياسة مماثلة لتوريد المواد النووية وبعض فئات المعدات والمواد الأخرى.

وحتى مع إدراج أحكام عن المراقبة، فإن هذه التدابير تستند بصورة أساسية إلى تعهد أساسي من قبل الدولة بعدم تحويل الطاقة النووية عن التطبيقات السلمية. وقد تطلبت الإمدادات الأولى من المواد والمعدات النووية التي نفذت بموجب الاتفاق الثنائي بين بلجيكا والولايات المتحدة تطبيق تدابيرالحماية المادية والضمانات في المنشآت النووية البلجيكية آنذاك. واستخلصت اللوائح التي طبقتها إدارة السلامة النووية، التي أنشئت لهذا الغرض في عام ١٩٥٥، من الاشتراطات التي وضعتها لجنة الطاقة الذرية بالولايات المتحدة (USAEC) لمنشآتها الخاصة وطبقتها في هذه المنشآت.

وفي عام ١٩٥٧، ولدى صياغة معاهدة روما، التي تأسس بموجبها الاتحاد الأوروبي للطاقة الذرية، وضع الاتحاد الأوروبي سياسته بهذا الشأن، وعلى وجه التحديد في الفصلين السابع والثامن اللذين يتناولان مراقبة السلامة ونظام ملكية المواد الانشطارية الخاصة، واتخذ ترتيبات تنفيذ ضماناته.

وتأكد الالتزام البلجيكي الأساسي بانضمامها لعضوية معاهدة روما، وبانضمامها في عام ١٩٦٨ لمعاهدة عدم انتشار الاسلحة النووية التي تم التصديق عليها في ١٩٧٥ (AIEA INFCIRC/ 140,1970). وقد صيغت أغراض الضمانات الدولية في معاهدة الانتشار بعناية فائقة؛

«أغراض الضمانات هي كشف تحويل كميات من المواد النووية من الأنشطة النووية السلمية إلى صناعة الأسلحة النووية أو نبائط متفجرة نووية أخرى أو أغراض غير معروفة، وذلك في الوقت المناسب، وردع مثل هذا التحويل عن طريق احتمال الكشف المبكر».

وفي عام ١٩٧٣، وقعت اللجنة والدول غير الحائزة للأسلحة النووية في الجماعة الأوروبية اتفاق تحقق مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية، أسفر عن اعتماد الاتحاد الأوروبي للطاقة الذرية للائحة مراقبة السلامة. وتخضع جميع المواد النووية البلجيكية حالياً لضمانات الاتحاد الأوروبي للطاقة الذرية والوكالة الدولية للطاقة الذرية.

وأسفر تنفيذ هذا الإجراء عن فرض قدر كبير من القيود على متعهدي التشغيل، وبصفة خاصة فيما يتصل بالمصانع «الحساسة»، من قبيل مصنع إنتاج وقود البلوتونيوم. وتحرص سلطات المراقبة وهيئات البحوث باستمرار على تقليل هذه القيود دون تقليل فاعلية الضمانات بأي حال من الأحوال. وعلى المستوى الأوروبي، تنسق هذه الجهود بواسطة «إيساردا» (ESARDA) ، وهي رابطة لمراكز البحوث في الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي، العاملة في هذا المجال. وعلى المستوى الدولي، تقدم نحو عشرة بلدان تمتلك برامج نووية كبيرة إلى حد ما، من بينها بلجيكا، برامج لدعم الوكالة الدولية للطاقة الذرية من أجل تطبيق نظام الضمانات.

وفي ضوء الالتزام المنصوص عليه في المادة الثانية من معاهدة عدم الانتشار، تطبق بلجيكا على المواد والمعدات النووية التي تصدرها التعليمات الناشئة من أعمال لجنة زانغر، والواردة في الوثيقة IAEA INFCIRC /209 .

وعلاوة على ذلك تعهدت بلجيكا بالعمل وفقاً للمبادىء المحددة في الوثيقة التي أسفرت عنها مناقشات نادي لندن (IAEA INFCIRC / 254,1976) ، والتي حددت توجيهات تنطبق على صادرات المواد والمعدات والتكنولوجيا النووية.

١٢. الحمايـــة المـــاديـــة

لم يغير سريان معاهدة روما ومعاهدة عدم الانتشار بأي حال مسؤوليات بلجيكا فيما يتعلق بالحماية المادية، إذ أن هذه المسألة ينظر إليها باعتبارها واقعة داخل إطار السيادة الوطنية البحتة. وفضلاً عن ذلك، فإن الأقسام الإدارية البلجيكية لم تدخر وسعاً في اتباع توصيات حماية المواد النووية منذ نشرها (IAEA INFCIRC /255,1972 - Rev.1/ 1975) .

وتعني مصلحة الأمن النووي التابعة لوزارة العدل بتطبيق التدابير الكافية للحماية المادية على المواد النووية الخاصة أثناء استعمالها وتخزينها ونقلها. وفضلاً عن ذلك، فإن بلجيكا عضو في اتفاقية الحماية المادية للمواد النووية.

١٣. مسؤوليــة الطرف الثالــث في مجال الطاقــة النوويــة والتعــاون الدولي في حالات الحوادث

منذ عام ١٩٦٦، وضعت بلجيكا تشريعات بشأن مسؤولية الطرف الثالث في مجال الطاقة النووية. وتضمن ذلك التشريع اتفاقية باريس لعام ١٩٦٠ بشأن مسؤولية الطرف الثالث في مجال الطاقة النووية، وهي اتفاقية عقدتها ١٧ دولة أوروبية في إطار منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي.

وتتضمن الاتفاقية، بوجه خاص، مبدأ المسؤولية الموضوعية لمتعهد تشغيل المنشأة النووية، أن هذه المسؤولية ثابتة بدون الحاجة إلى تقديم دليل على وجود مخالفة؛ وهي تحدد المسؤولية من حيث الزمن وتلزم متعهد التشغيل بعمل تأمين أو توفير أي ضمان مالي آخر لتغطية مسؤوليته؛ ووضع حد أقصى لتلك المسؤولية.

ووسع القانون البلجيكي الصادر في ٢٢ تموز/يوليو ١٩٨٥ بشأن مسؤولية الطرف الثالث في مجال الطاقة النووية التشريع القائم إذ أدرج فيه أحكام الاتفاقية التكميلية لاتفاقية بروكسل لعام ١٩٦٣ والبروتوكولات الإضافية للاتفاقيتين.

ويحدد هذا القانون المسؤولية القصوى لمتعهد تشغيل المنشأة بمبلغ ٤ مليار فرنك بلجيكي لكل حادث.

وفوق هذا الحد الأقصى، ووفقاً لاتفاقية بروكسل، تقع مسؤولية إصلاح الأضرار على دولة بلجيكا، حتى ١٧٥ مليون (من حقوق السحب الخاصة لصندوق النقد الدولي)، وبين ١٧٥ و ٣٠٠ مليون من حقوق السحب تكون من مسؤولية جميع الأطراف المتعاقدة في الاتفاقية وفقاً لجدول توزيع موضوع من قبل.

ويفرض القانون كذلك الاعتراف القانوني لصفة متعهد التشغيل. ولايمنح هذا الاعتراف إلا إذا كان يوجد لدى المتعهد تأمين أو ضمان مالي مناسب آخر لتغطية مسؤوليته. وينظم القانون كذلك المسؤولية المتعلقة بنقل المواد النووية.

وفي أيلول/سبتمبر ١٩٨٦، وقعت بلجيكا اتفاقية الاخطار المبكر عن الحوادث النووية والاتفاقية المتعلقة بتقديم المساعدة في حالة الحادث النووي أو الطارئ الإشعاعي، وقد صيغت الاتفاقيتان تحت إشراف الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

المرفق ألف

إجراءات الترخيص بالمنشآت النووية من الفئة الأولى

يطبق المرسوم الملكي الصادر في ٢٨ شباط/فبراير ١٩٦٣، تنفيذاً لقانون ٢٩ آذار/ مارس ١٩٥٨ بشأن حماية السكان من خطر الإشعاع المؤين، اللوائح العامة لحماية السكان والعاملين من خطر الإشعاع المؤين. ويشكل هذا المرسوم الصك الأساسي، في القانون البلجيكي فيما يتعلق بالترخيص بالمنشآت النووية. ويقسم المرسوم الملكي المنشآت النووية إلى أربع فئات، في ترتيب تنازلي تبعاً لدرجة الخطر المرتبط بتشغيلها.

وتضم الفئة الأولى جميع المنشآت النووية التي يمثل تشغيلها، إمكانية حرجية، وهي المفاعلات النووية وسائر المنشآت النووية الكبيرة. وتصنف المنشآت الأخرى في الفئات الثانية والثالثة والرابعة تبعاً لمعايير تعتمد بصفة خاصة على كمية المادة المشعة التي تحتويها المنشأة.

ولابد أن تحصل منشآت الفئات الأولى والثانية والثالثة على ترخيص مسبق، أما منشآت الفئة الرابعة فهي لا تخضع لأي التزام بالترخيص أو الإعلان.

ونقتصر هنا على تناول منشآت الفئة الأولى.

تقع مسؤولية إجراءات الترخيص لمنشآت الفئة الأولى بصورة مشتركة على وزير العمالة والعمل ووزير الصحة العامة والبيئة. وتساعدهما في المسائل التقنية هيئة مشتركة هي اللجنة الخاصة التي يشترك في عضويتها أفراد يختارون لقدراتهم الشخصية، ومسؤولون من مختلف السلطات المسؤولة عن أمن المنشآت النووية.

وتتوصل اللجنة الخاصة إلى آرائها بالتصويت بالأغلبية المطلقة. وتعالج المعلومات والآراء التي تبلغ إليها باعتبارها سرية.

وينص المرسوم الملكي لعام ١٩٦٣ أيضاً على تدخل هيئات تعترف بها الدولة؛ وهذه الهيئات تعني بدرجة أكبر بالموافقة على المرافق قبل بدء العمليات وتجرى مراجعات في المرافق التي يجري تشغيلها وترصد أداءها.

وينص مرسوم ملكي صدر في ١٥ تشرين الأول/اكتوبر ١٩٧٩ على إنشاء لجنة وزارية مشتركة للأمن النووي وأمن الدولة في الميدان النووي. وصلاحيات اللجنة الوزارية المشتركة هي إيجاد السبل لتأمين الحماية من المخاطر الناجمة عن استعمال المواد المشعة، سواء داخل أو خارج المرافق، وذلك عن طريق التنسيق بين المصالح الوزارية المعنية. وتقدم اللجنة تقاريرها إلى اللجنة البيئية التابعة لوزارة الصحة العامة والبيئة.

وفيما يلي أهم مراحل نظام الترخيص البلجيكي :

(١) تقديم الطلب؛
(٢) التشاور مع الأطراف المعنية؛
(٣) إصدار الترخيص بتشغيل المرفق؛
(٤) إجراءات اعتماد المرفق قبل بدء التشغيل.

وتوجه طلبات الترخيص إلى محافظ الاقليم المعني ويكون الطلب مشفوعاً بالمعلومات والوثائق التي تتضمن، بصفة خاصة : (أ) معلومات عن مقدم الطلب؛ (ب) مختلف خصائص المرفق؛ (جـ) إجراءات السلامة المتوخاة؛ (د) تقرير عن الحوادث التي يمكن توقعها وآثارها؛ (هـ) تدريب الموظفين اللازمين للمرفق؛ (و) مخطط للمكان والخصائص الديمغرافية والجيولوجية والأحوال الجوية بالمنطقة التي سينشأ بها المرفق؛ (ز) التدابير المتوخاة لتصريف النفايات المشعة.

ويتعين استيفاء هذه المستندات لمقدم الطلب المطلوب الاعتراف به كمتعهد تشغيل منشأة نووية بمقتضى الرسوم الملكي. وطبقاً للقانون الصادر في ٢٢ تموز/ يوليه ١٩٨٥ بشأن مسؤولية الطرف الثالث في مجال الطاقة النووية، لا يرخص لمرفق نووي بالحصول على وقود أو نووية ما لم يكن متعهد التشغيل معترفاً به.

وفيما يلي إجراءات التشاور مع الأطراف المعنية :

لدى تلقى الطلب، يرسل محافظ الاقليم نسخة منه إلى عمدة القرية التي سينشأ منها المرفق. ويتم تبليغ السكان بالطلب عن طريق الملصقات، ويمكن فحص الطلب خلال فترة ١٥ يوماً. ومن ثم يقدم لأخذ رأي مجلس المدينة مع أي تعليقات ترد من السكان، ومن ثم يعاد الطلب مشفوعاً برأى مجلس المدينة إلى المحافظ خلال مدة ٤٠ يوماً.

وبعد ذلك يقدم المحافظ الملف إلى الوفد الدائم لمجلس الاقليم، الذي يبدي رأيه خلال ٣٠ يوماً.

وبعد إعطاء رأي الوفد الدائم، يرسل الملف إلى اللجنة الخاصة، التي يتعين عليها من حيث المبدأ البت فيه خلال فترة ٣ أشهر.

وقد تطلب اللجنة الخاصة من مقدم الطلب إبلاغها برأي أي خبير أو جهاز وطني أو دولي أو أجنبي بشأن جوانب عامة أو خاصة لسلامة المنشأة وتوافر الشروط الصحية فيها، وبالمثل قد تطلب اللجنة هذه الآراء مباشرة.

وفي الحالة التي يرجح فيها أن ينطوي المشروع على خطر تلوث إشعاعي للدول الأخرى الأعضاء في الاتحاد الأوروبي، يتعين على اللجنة الخاصة، طبقاً لأحكام المادة ٣٧ من معاهدة الاتحاد الأوروبي للطاقة الذرية، أن تطلب

رأي لجنة الاتحادات الأوروبية.

وتقترح اللجنة الخاصة مشروع اقتراح بلائحة وشروط يمكن في ظلها تشغيل المرفق، في شكل إشعار مؤقت يبلغ إلى مقدم الطلب. ويجوز لمقدم الطلب تقديم أى تعليقات له على هذا الاقتراح خلال ٣٠ يوماً. ومن ثم تعد اللجنة الخاصة رأياً نهائياً يتعين ذكر الأسس التي يقوم عليها، ويكون مشفوعاً بتوصيات خاصة عن شروط تشغيل المرفق المعني.

ويرسل هذا النص إلى الوزراء المختصين، الذين قد يدخلوا عليه تعديلات قبل تقديمه للحصول على توقيع الملك. غير أن رأى اللجنة غير المواتي يؤدي تلقائياً إلى رفض طلب الترخيص.

ويتخذ قرار الترخيص بالإنشاء في شكل مرسوم ملكي يوقع عليه وزير العمالة والعمل ووزير الصحة العامة والبيئة. ويبلغ القرار إلى اللجنة الخاصة، ومحافظ الاقليم، ومقدم الطلب.

وقد يمنح الترخيص لفترة محددة أو بدون حد زمني.

وقد تقرر السلطة المختصة تكملة أو تعديل المرسوم الملكي الذي يمنح الترخيص، وذلك بناء على اقتراح اللجنة الخاصة أو بناء على حائز الترخيص إذا كان من المخطط إجراء تعديلات كبيرة على المرفق المعني.

ويعطي الترخيص لمقدم الطلب حق إنشاء المرفق تحت مسئوليته. ويخضع المرفق، وعلى وجه التحديد المنشآت الوقائية، للفحص لاعتمادها.

وتتولى منح هذا الاعتماد هيئة يعترف بها وزير العمالة والعمل ووزير الصحة العامة والبيئة. وهذه الهيئات الخاصة بالمراقبة المادية هي جمعيات لا تستهدف الربح ويتعين أن يكون الخبراء الذين تستعين بهم لإجراء التفتيشات التي توكل إليها معتمدين هم أيضاً من قبل الوزيرين المذكورين. وتتحقق الهيئة المعترف بها من أن المرفق يمتثل للوصف الوارد عنه في تقرير السلامة الذي وضعه مقدم الطلب. ويكون موضوع الاعتماد بشكل أعم التأكد من الامتثال لأحكام اللائحة والشروط الخاصة التي يفرضها مرسوم الترخيص على المرفق.

ولا يسمح بتشغيل المرفق ما لم يكن تقرير الاعتماد الذي أعدته هيئة التفتيش المعترف بها مواتياً تماماً ويمنح الترخيص الرسمي.

ويجري تفتيش المرافق النووية بواسطة : (أ) مكتب الصحة العامة (إدارة الصحة العامة) فيما يتعلق بحماية صحة السكان؛ (ب) مكتب السلامة المهنية (إدارة أمن العمل) لسلامة العاملين والمناطق المجاورة؛ (جـ) مكتب الصحة العامة والطب المهني (إدارة الصحة العامة وطب العمل) فيما يتعلق بالرصد الطبي للعاملين.

ويعهد إلى الهيئات المعترف بها إجراء مراجعات دائمة للتنفيذ الكامل للمهام الموكلة إلى أقسام مراقبة الحماية المادية في المرافق النووية العاملة. وتكون التفتيشات والاختبارات التي تجريها الهيئة المعترف بها موضوع تقارير ترسل إلى متعهد التشغيل.

المرفق بـــاء

معايير لبرنامج كهربائي نووي

يؤدي قرار أي دولة بالسير في اتجاه الطاقة النووية، من الناحية العملية، إلى وضع لايمكن عكسه؛ ومهما يحدث للبرنامج بعد ذلك (سواء اتسع أو بلغ قمة محددة أو توقف) فإنه سيكون من الضروري لعدة أجيال قادمة تأمين الوفاء بكل أو بعض الالتزامات المبينة أدناه.

وفيما يلي معايير الإدارة المقبولة لبرنامج كهربائي نووي :

(أ) للعمليات على مستوى محطة القوى

- وجود شبكة كهربائية متطورة ومترابطة على نحو كاف؛
- وجود موظفين مؤهلين تنظم لهم دورات منتظمة لإعادة التدريب؛
- وجود دعم لوجستي مناسب للصيانة والاصلاحات؛
- تأمين واردات الوقود والتخلص من الوقود المستهلك؛
- تأمين تخزين النفايات المشعة؛
- وجود خطة طوارئ لمواجهة الحوادث المحتملة، وتستوفى هذه الخطة باستمرار وتختبر بصفة منتظمة (نظرياًوعملياً).

(ب) للعمليات على المستوى الوطني أو الاقليمي

- وجود هيئات رصد مستقلة مناسبة (هيئات وأقسام معترف بها) تحدد لمتعهد التشغيل تواتر العمرات الدورية للمرافق (عمرات كل ١٠ سنوات على سبيل المثال)؛
- وجود قنوات للإخطار عن وقوع حالات الطوارئ أو الحوادث؛
- وجود خطة طوارئ تستوفى باستمرار تختبر بصفة منتظمة.

(جـ) لإنشاء وتشغيل محطات القوى

- وجود أفرقة قادرة على تعديل الطرق الانشائية (المعايير وضمانات النوعية) وطرق التشغيل لتلائم الممارسات المعمول بها في البلد أو الإقليم؛
- وجود أو إمكانية الحصول على عاملين إداريين ومنفذين مؤهلين بأعداد كافية.

(د) للصيانة الأساسية

- وجود «مراكز ممتازة» قادرة على تدريب الموظفين، وتقديم المشورة لأجهزة الاشراف واتخاذ القرارات، وتقديم الدعم اللوجستي عند الضرورة، بما في ذلك : تعديل مناهج التعليم (في الجامعات والمعاهد العليا والتقنية)؛ إعداد المعارف الأساسية والعملية اللازمة على المستوى الجامعى (الطرق الحديثة لدراسة المخاطر والمسؤولية، الإعلاميات، معالجة البيانات، استخدام الثغرات وتفسير الظواهر الفيزيائية)؛
- وجود مركز متعدد التخصصات للبحث والتطوير يتولى دراسة المشكلات التكنولوجية والمشكلات الصحية (الحماية من الإشعاعات)؛
- وجود أفرقة ومعدات مناسبة للتدخل؛
- اكتساب تقبل نسبة كبيرة من السكان للطاقة النووية.

(هـ) الاتفاقات الدولية

- قبول الاتفاقات الدولية، وبخاصة بشأن الضمانات المتعلقة بالمواد الانشطارية، وتفتيش السلامة، والإخطار عن الحوادث، والمساعدة المتبادلة.

(و) الدعم الدولي

- في حالة عدم وجود موارد مناسبة داخل البلد، لابد أن يكون البلد قادراً على الاعتماد على الدعم الدولي أو على الإسهام الدولي، وبخاصة في مجالات التشغيل «الحساسة»، (العول، السلامة).

وفيما يلي الاجراءات التي تتبع تحت كل عنوان من العناوين المذكورة أعلاه :
- التحديث من خلال الاتصالات مع الشركاء الأكفاء (تبادل المعلومات والموظفين، الدورات التدريبية، إلخ)؛
- التطبيق التدريجي للخبرات على المستوى الوطني؛ ومن ثم تطويرها وتعزيزها.

وحيثما يلزم ينبغي الاستعانة باتفاقات التعاون الثنائية أو متعددة الأطراف لحل المشكلة أو المشكلات التي تنشأ.

المرفـــق جيم

قائمة المختصرات باللغات الأجنبية

AGCD	:	Administration Générale pour la Coopération au Développement (Belgium)
ABOS	:	Algemeen Bestuur voor Ontwikkelingssamenwerking (Belgium)
BCMN	:	Bureau Central de Mesures Nucléaires, EURATOM (Geel, Belgium)
CBNM	:	Centraal Bureau voor Nucleaire Metingen (Geel, Belgium)
BN	:	Belgonucléaire (Brussels, Belgium)
BR1	:	Research reactor (CEN/SCK, Belgium)
BR2	:	High-flux materials-testing reactor (CEN/SCK, Belgium)
BRO2	:	Nuclear power model of BR2 (CEN/SCK, Belgium)
BR3	:	Prototype PWR reactor (CEN/SCK, Belgium)
CEC	:	Commission of the European Communities (Brussels, Belgium)
CEN	:	Centre d'Etude de l'énergie Nucléaire (Belgium)
SCK	:	StudieCentrum voor Kernenergie (Belgium)
CERN	:	European Organization for Nuclear Research (Meyrin, Switzerland)
CSIN	:	Comité de Sûreté d'Installations Nucléaires (NEA OECD, Paris, France)
DEBENE	:	DEutschland - BElgie - NEderland (Acronym for Federal Republic of Germany, Belgium and Netherlands
EEC	:	European Economic Commission
ERM	:	Ecole Royale Militaire (Brussels, Belgium)
KMS	:	Koninklijke Militaire School (Brussels, Belgium)
ESARDA	:	European Safeguards Research and Development Association
EURATOM	:	European Atomic Energy Community
FBFC	:	Franco-Belge de Fabrication de Combustible (Dessel, Belgium)

FNRS	:	Fonds National pour la Recherche Scientifique (Brussels, Belgium)
NFWO	:	Nationaal Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek (Brussels, Belgium)
IAEA	:	International Atomic Energy Agency (Vienna, Austria)
ICRP	:	International Commission on Radiological Protection
IAE	:	International Energy Agency (OECD, Paris, France)
IISN	:	Institut Interuniversitaire des Sciences Nucléaires (Brussels, Belgium)
IIKW	:	Interuniversitair Instituut voor KernWetenschappen (Brussels, Belgium)
IRE	:	Institut national des RadioElements (Fleurus, Belgium)
IRE	:	Nationaal Instituut voor RadioElementen (Fleurus, Belgium)
IRSIA	:	Institut pour l'encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture (Brussels, Belgium)
IWONL	:	Instituut tot aanmoediging van het Wetenschappelijk Onderzoek in Nijverheid en Landbouw (Brussels, Belgium)
KUL	:	Katholieke Universiteit Leuven (Belgium)
LWR	:	Light Water Reactor
NEA	:	Nuclear Energy Agency.(OECD, Paris, France)
OECD	:	Organization for Economic Cooperation and Development (Paris, France)
ONDRAF	:	Organisme National des Déchets Radioactifs et des matières Fissiles (Brussels, Belgium)
NIRAS	:	Nationale instelling voor RadioActief afval en Splijtstoffen (Brussels, Belgium)
PAMELA	:	Phosphate Glass Solidification and Metal Embedding of Liquid Waste
PWR	:	Pressurized Water Reactor
RUG	:	RijksUniversiteit Gent (Belgium)
SENA	:	Société d'Energie Nucléaire Franco-Belge des Ardennes
SNR 300	:	Sodium-cooled fast reactor (300 Mw(e)) (Kalkar, Federal Republic of Germany
SPPS	:	Services pour la Programmation de la Politique Scientifique (Brussels, Belgium)

DPWB	:	Dienst voor Programmatie van het WetenschapsBeleid Brussels, Belgium)
UCL	:	Université Catholique de Louvain (Louvain-La-Neuve, Belgium)
UKAEA	:	United Kingdom Atomic Energy Authority (Great Britain)
ULB	:	Université Libre de Bruxelles (Brussels, Belgium)
VUB	:	Vrije Universiteit Brussel (Brussels, Belgium)
ULg	:	Université de Liege (Belgium)
USNRC	:	United States National Regulatory Commission (USA)
UNSCEAR	:	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
VENUS	:	Low-power experimental reactor (CEN/SCK, Belgium)

دور الطاقة النووية في سياسة الطاقة بالجمهورية الديمقراطية الألمانية

ج. كريمر- وزارة الفحم والطاقة
(الجمهورية الديمقراطية الألمانية)

أولاً

تعلق حكومة الجمهورية الديمقراطية الألمانية أهمية كبيرة على تنمية قطاع الوقود والطاقة فيها، ونظراً لأنه استمرار وكفاءة قاعدة الطاقة والوقود يؤثران بشكل مباشر على نمو ودينامية جميع العمليات الصناعية للاقتصاد الوطني. وإلى جانب ذلك، فإن توفير الطاقة هو بالنسبة لجميع مواطنين بلدنا جزء من احتياجاتهم الأساسية. لذلك فإن إمدادات الطاقة بغيرتقييد هو بالنسبة للناس معيار لاقتصاد البلد ككل.

وفي النهاية، فإن اقتصاد الفحم والطاقة مع طلبه المرتفع للاعتمادات الاجتماعية، ومن خلال كفاءته وأثره في ميزان التجارة الخارجية، يؤثر في نطاق النمو الاقتصادي.

وتحدد سياسة الطاقة في الجمهورية الديمقراطية الألمانية بثلاثة اتجاهات رئيسية للتنمية تمثل أساس التنمية الناجحة لاقتصاد الفحم والطاقة للسبعينات والثمانينات :

١. إن المصدر الأساسي لتأمين الطلب على الطاقة اللازمة للاقتصاد الوطني هو الاستخدام الفعال للطاقة وتحويلها. من أجل تغطية المتطلبات المتزايدة من الطاقة. وتحدد خطط الاقتصاد الوطني هدف ضمان زيادة في الاقتصاد الوطني وفي إمدادات السكان من خلال توفير نحو ٨٠ مليون طن من مكافئ خام فحم اللجنيت خلال الفترة ١٩٨٥ - ١٩٩٠ عن طريق استخدام الطاقة الأمثل في العمليات كثيفة الاستخدام للطاقة، وزيادة سنوية في الطاقة الأولية قدرها ١ بالمائة.

٢. يسير استخدام الطاقة الفعال جنباً إلى جنب مع التغيير العميق لمصادر الطاقة والاعتماد بدرجة متزايدة على مصادر الطاقة الوطنية. والعامل المحدد هنا هو زيادة استخدام اللجنيت الخام باعتباره أهم مصدر للطاقة عندنا.

وستزيد نسبة استهلاك الطاقة الأولية من مواردنا الخاصة من نحو ٧٣ بالمائة في ١٩٨٥ إلى ٧٨ - ٨٠ بالمائة في ١٩٩٠، مع زيادة تعدين خام اللجنيت إلى ٣٠٠ - ٣٣٥ مليون طن حتى عام ١٩٩٠.

واللجنيت الخام الذي تولدت منه ٨٣ بالمائة من كهرباء الجمهورية الديمقراطية الألمانية في ١٩٨٥ سوف يظل لفترة طويلة أهم قاعدة لإمدادات الطاقة الكهربائية التي يعول عليها.

٣. الطاقة الكهربائية، باعتبارها أعلى مرحلة تجهيز لجميع مصادر الطاقة وشكلاً للطاقة للاستخدام على النطاق العالمي، لها أهمية حيوية لترشيد وتكثيف الاقتصاد الوطني وتحقيق عمليات إحلال فعالة للطاقة.

وتتعلق بالطاقة الكهربائية بصفة خاصة الأهمية السياسية والاقتصادية لتوفير إمداد ثابت ومستمر تحت أي ظروف.

ويجد الدور الأساسي للطاقة الكهربائية تعبيراً له في الزيادة المستمرة لنصيب الطاقة الكهربائية في إجمالى استهلاك الطاقة خلال السنوات الأخيرة، الذي سيستمر في الزيادة وفقاً للاتجاهات الدولية :

١٩٦٠	١٩٧٠	١٩٨٠	١٩٨٥	١٩٩٠	٢٠٠٠
٧,٢	١٠,٠	١٣,٠	١٤,٠	١٥,٠	١٨-١٩٪

وقد بلغت الجمهورية الديمقراطية الألمانية التي وصل فيها استهلاك الكهرباء للفرد في عام ١٩٨٥ إلى ٦٨٠٠ كيلوات ساعة، مستوى استهلاك عالٍ جداً نسبياً.

ثـــانيـــــاً

لقد تم التحضير منذ وقت مبكر بدرجة كافية لاستخدام الطاقة النووية في بلدنا لتوليد الطاقة الكهربائية، ونظراً للافتقار إلى الموارد، فإن الطاقة النووية واللجنيت سوف يكونان مصدري الطاقة الوحيدين اللذين يمكن بهما ضمان تنمية اقتصادنا الوطني.

ومنذ البداية، تابعت الجمهورية الديمقراطية الألمانية هذا التطور على أساس التعاون الوثيق مع اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية وسائر بلدان مجلس التعاضد الاقتصادي. وقد أتاح لنا هذا التعاون الوثيق من أن نبني خلال وقت قصير نسبياً قاعدة استخدام الطاقة النووية وإنشاء قدرتنا الانمائية الخاصة.

وكانت حصة الطاقة النووية ١١ بالمائة من إجمالي توليد الطاقة في عام ١٩٨٥، مع مشاركة بنسبة نحو ٣,٤ بالمائة في إنتاج الطاقة الأولية. وقد أثبتت الطاقة النووية من خلال استخدامها طوال أكثر من ٢٠ سنة على نطاق واسع أنها عنصر مأمون وفعال في قطاع الطاقة بالجمهورية الديمقراطية الألمانية.

وأصبحت مزاياها بالنسبة للاقتصاد الوطني في ظروف بلدنا واضحة في المجالات التالية :

- تزيد نسبة الإتاحية في محطات توليد القوى النووية في المتوسط سنوياً بنسبة تتراوح بين ٣٪ و ٦٪ على نسبة إتاحية محطة حديثة لتوليد الطاقة من اللجنيت. وفي شهور الشتاء، وحتى في أقسى الظروف الجوية، يكون تشغيل وحدات القوى النووية مأموناً ويعول عليه؛ وتتجاوز نسبة إتاحيتها في هذه الأشهر نسبة إتاحية وحدات القوى باستخدام اللجنيت بمقدار ١٣ - ١٧ ٪.

- تقل التكاليف الأولية لتوليد الكهرباء في محطات القوى النووية بنسبة ١٠ بالمائة تقريباً عن التكاليف المناظرة في وحدات اللجنيت الحديثة. وتتحقق هذه الفائدة في الكلفة في توليد الكهرباء من الطاقة النووية بسبب انخفاض نصيب تكلفة الوقود على الرغم من ارتفاع التكلفة الرأسمالية نسبياً.

وحتى مع ارتفاع الانفاق لتأمين سلامة محطات القوى النووية فإنه لا يتوقع حدوث تغيير أساسي في هذه النسبة خلال التسعينات، نظراً لأن تكلفة استخراج اللجنيت الخام وتكاليف تدابير حماية البيئة في محطات القوى التي تستخدم اللجنيت الخام آخذه في الارتفاع من ناحية أخرى.

- تقل تكاليف الصيانة (TM/MW) في محطات القوى النووية بمقدار النصف عن تكاليف صيانة محطات القوى الحديثة التي تعمل باللجنيت، بسبب ارتفاع جودة المواد المستخدمة، وبخاصة في القسم النووي، ونظراً لعدم حدوث البلى المتسبب عن كمية المواد وهو ما يميز محطات اللجنيت.

وتشمل تكاليف الصيانة المصروفات التي تنفق على العمرة السنوية التي تجرى لمرافق محطات القوى النووية. وتعلق الجمهورية الديمقراطية الألمانية أهمية كبيرة على هذه العمرة من أجل تأمين سلامة تشغيل محطات القوى النووية.

- إلى جانب هذه الميزات القابلة للقياس الكمي والتي تتسم بها محطات القوى النووية، توجد ميزات نوعية أخرى من قبيل الانخفاض الشديد للآثار السلبية على البيئة بسبب قلة استخدام الأرض، وقلة حمل شبكة الاتصالات وتجنب انبعاث المواد الضارة. وفي عام ١٩٨٥، أمكن تجنب انبعاث نحو ٢٠٠ كيلو طن من غاز ثاني أكسيد الكبريت في الجمهورية الديمقراطية الألمانية نتيجة لتشغيل محطة القوى النووية.

وانطلاقاً من الميزات الاقتصادية لتوليد الكهرباء من القوى النووية، والاقتناع الثابت بأن سلامة تشغيل محطة القوى النووية ببلدنا مضمونة، سوف يتجه البلد إلى التوسع في استخدام القوى النووية. ونتوخى زيادة حصة القوى النووية في توليد الكهرباء إلى ١٥ بالمائة بحلول عام ١٩٩٠.

ويعد عام ١٩٩٠، سيغطى إجمالي الزيادة في توليد الكهرباء بالطاقة النووية. بصورة رئيسية.

ثـــالثــــــاً

بدأ استخدام الطاقة النووية على نطاق واسع في الجمهورية الديمقراطية الألمانية عند تشغيل محطة راينسبيرغ للقوى النووية في عام ١٩٦٦. وهي محطة للقوى النووية من الجيل الأول تعمل بمفاعل يبرد بالماء المضغوط وقدرته ٧٠ ميغاوات. وقد ولدت المحطة الكهرباء بشكل مأمون يعتمد عليه طوال عشرين عاماً. وعلى أساس الخبرة الوطنية والدولية، تم تحديث هذه المحطة النووية. وهي تستخدم في الوقت الحاضر كمحطة قوى للتدريب والاختبار تلقى فيها التدريب النظري والعملي عدة أجانب متخصصين، إلى جانب موظفي محطات القوى النووية المحليين.

وعلى أساس الخبرة الإيجابية المكتسبة من تشغيل محطة القوى النووية الأولى، أقدمت الجمهورية الديمقراطية الألمانية على إقامة محطة أكبر واليوم، تتكون محطة غرايفسوالد للقوى النووية، التي بدأ تشغيل أول وحدة فيها في كانون الأول/ديسمبر ١٩٧٣، من أربعة من مفاعلات الماء المضغوط قدرة كل منها ٤٤٠ ميغاواط. وباستكمال بناء هذه المحطة في عام ١٩٩٠، ستتضاعف القدرة ليصبح إجمالي القدرة ٣٥٠٠ ميغاواط، وبذلك تصبح هذه المحطة من بين أكبر محطات القوى في الجمهورية الديمقراطية الألمانية.

ويتسم دور محطة غريفسوالد للقوى النووية لتوليد الكهرباء بالجوانب التالية :

١. تغذي هذه المحطة النووية مباشرة القسم الشمالي من شبكة الكهرباء بالجمهورية الديمقراطية الألمانية، وبذلك تزيد تأمين إمدادات الكهرباء في هذا القسم من البلد. وإلى جانب ذلك، أمكن التوصل إلى تقليل في خسائر الشبكة عن طريق هذا التوزيع الجغرافي الملائم للطلب.

٢. تؤخذ إمدادات مياه التبريد اللازمة للمحطة النووية من مصب نهر بين الذي يصب في بحر البلطيق. وتتكون المياه من خليط من مياه النهر والبحر ومحتواها من الأملاح ٠,٧ بالمائة. وباستخدام موارد تبريد لامحدودة تقريباً من غريفسوالد بودن، يمكن حفظ موارد المياه الداخلية في الجمهورية الديمقراطية الألمانية للصناعات القائمة والمرتقبة في المستقبل ولإمدادات المياه اللازمة للسكان.

٣. تمدّ محطة غريفسوالد النووية بطريقة يعول عليها المدينة المجاورة التي تبعد نحو ٢٢ كيلومتراً بالحرارة. وقد أمكن إثبات سلامة وكفاءة الحل التقني خلال فصول الشتاء الثلاثة الأخيرة. وفي الوقت الحاضر تبلغ القدرة نحو ١٥٠ ميغاواط حراري، وستزيد هذه القدرة بحلول عام ١٩٩٠ إلى ٣٠٠ ميغاواط حراري نتيجة لتوسيع محطة القوى النووية وزيادة صافي الانتقال الحراري. ويتوخى أن تبلغ سعة النقل الحراري لخط نقل الحرارة لمسافات طويلة نحو ٤٥٠ ميغاواط حراري. ويثبت هذا المثال أنه يمكن استخدام الطاقة النووية لتلبية الاحتياجات الحرارية على نطاق واسع.

٤. أنشئ مستودع خاص (للتخزين الرطب) لاستخدامه في التخزين المؤقت لتجميعات الوقود النووي المستهلك،

صمم ليتسع للتخزين لمدة ١٠ سنوات تقريباً من تاريخ استكمال الانشاء.

٥. أنشئ في منجم ملح مهجور في عام ١٩٧٩ مستودع يلبي أيضاً الاحتياجات في المستقبل لتصريف جميع النفايات المشعة الضعيفة ومتوسطة الإشعاع. وستخزن جميع النفايات المشعة الأخرى هناك أيضاً.

وخلال أكثر من ٤٠ سنة تشغيل لمفاعلات الوحدات الأربع بمحطة غريفسوالد للقوى النووية، أمكن بلوغ مستوى تشغيل وعول يتفق مع بارامترات التصميم والبارامترات الدولية لمحطات القوى النووية التي من هذا الجيل. وخلال السنوات القليلة الأولى زادت نسبة الإتاحية مع زيادة زمن التشغيل. وتجاوزت معدلات الإتاحية التي تحققت في الوحدات اللاحقة معدلات سابقاتها نتيجة لزيادة الخبرة المكتسبة من ناحيتي التكنولوجيا والمهارة على حد سواء.

ومنذ تاريخ بدء التشغيل التجاري حتى شهر كانون الأول/ديسمبر ١٩٨٦، حققت الوحدات نسبة الإتاحية التراكمية التالية في التشغيل (عامل الحمل) :

الوحدة ١	٪ ٦٤,١
الوحدة ٢	٪ ٦٨,٥
الوحدة ٣	٪ ٧٨,٣
الوحدة ٤	٪ ٧٧,٩

وفي عام ١٩٨٥، ولّدت محطة غريفسوالد للقوى النووية ١٢,٢ تيراوات ساعة من القدرة الكهربية؛ وهذا أعلى إنتاج سنوي حتى الآن. وبلغت نسبة إتاحية التشغيل ٨٠ بالمائة.

وبعد تطبيق عدد من النتائج العلمية التقنية، وبخاصة لتحقيق أمثل أسلوب لإعادة التزويد بالوقود، بلغ الاستخدام الفعال للوقود النووي نحو ٣٢ ميغاوات يوم/ كيلوغرام يورانيوم؛ أي بزيادة قدرها ١٠ بالمائة عن الرقم الذي توخاه التصميم.

وبدأ في عام ١٩٨٢ إنشاء محطة للقوى النووية في ستندال (أساسات الوحدة الأولى) لتأمين نمو في القدرة الإنتاجية لمحطات القوى النووية في التسعينات. وتستخدم مفاعلات سوفياتية قدرة كل منها ١٠٠٠ ميغاوات وتبرد بالماء المضغوط، وتستخدم هذه المفاعلات في بلدان مجلس التعاضد الاقتصادي. وستبلغ قدرة محطة ستندال للقوى النووية ٤٠٠٠ ميغاوات وستسهم في تأمين إمدادات الكهرباء بشكل يعول عليه في المراكز الصناعية بالجمهورية الديمقراطية الألمانية وفي الأقاليم الجنوبية من البلد. ويتوخى ان تمدّ هذه المحطة النووية أيضاً مناطق على مسافات بعيدة بالحرارة، وبذلك تحل محل مصادر الطاقة الأخرى وتقلل تلوث البيئة.

رابعـــــــاً

لقد سبب حادث محطة تشرنوبيل للقوى النووية، لأسباب مفهومة، مناقشات في الجمهورية الديمقراطية الألمانية أيضاً بشأن سلامة محطات القوى النووية والبدائل الممكنة. وعلى أساس الدراسات الوطنية التي قام بها الخبراء وتقييم نتائج المؤتمر الذي عقدته الوكالة الدولية للطاقة الذرية في فيينا في شهر أيلول/سبتمبر ١٩٨٦، قررت حكومة الجمهورية الديمقراطية الألمانية اتخاذ مجموعة من التدابير الرامية إلى تأمين وزيادة سلامة محطات القوى النووية في البلاد.

وفيما يلي المعايير الأساسية لتأمين السلامة النووية :

١. ارتفاع مستوى إدارة وتشغيل محطات القوى النووية على أساس النظام الصارم والالتزام الدقيق بالنظام، والتدريب الشامل للموظفين وتأمين عول الأعمال التي يقومون بها، والالتزام بالنظام التكنولوجي وتعليمات التشغيل المقررة. وهناك تشديد على تعيين وتحديث حدود وشروط التشغيل المأمون للمرافق النووية على أساس خبرة التشغيل، وتحليل الأخطاء، وإجراء تحليلات علمية للسلامة.

٢. ارتفاع مستوى رصد المحطة وجودة أعمال الاصلاح والصيانة باستخدام نظم فعالة للتشخيص التقني ومراقبة المواد. وجود لوائح وأدوات لرصد المواد والمكونات، تطبق بشكل منتظم ومستمر، وتستبعد أي خلل مفاجئ في مكونات محطات القوى النووية بالجمهورية الديمقراطية الألمانية. وتستبعد العيوب عن طريق التدابير الوقائية. ويسري المبدأ التالي الذي نص عليه «قانون الطاقة الذرية» :

سلامة محطات القوى النووية لها الأسبقية على أي مزايا اقتصادية.

ولا يسمح بأى حذف في إجراءات الصيانة والإصلاحات اللازمة مطلقاً من أجل تأمين أقصى معدل لإنتاج الكهرباء.

٣. مراعاة الخبرة والمعارف الوطنية والدولية في تحديث وإعادة تنظيم التدابير التي تتخذ أثناء فترات توقف العمل لإجراء عمليات العمرة الكبيرة.

٤. إنشاء محطات القوى النووية مع مراعاة متطلبات النوعية الخاصة وفقاً للمعايير الدولية، والخبرات المكتسبة من تشغيل المحطات، وأحدث التطورات العملية والهندسية.

ويجري في إطار التخصص الدولي بين بلدان مجلس التعاضد الاقتصادي وضع مجموعة مفصلة من المعايير التي سيتم إصدار تشريعات بشأنها لتطبيقها في جميع المراحل ابتداء من إنتاج المعدات حتى بدء تشغيل المحطات الكاملة.

٥. استخدام القدرات العلمية والتكنولوجية الفعالة، وبخاصة في مجالات بحوث السلامة، وتشخيص ورصد

المحطات، بما في ذلك دعم هذه القدرات بقاعدة للاختبارات وللتجارب. وتشارك الجمهورية الديمقراطية الألمانية بنشاط في التعاون العلمي التقني الدولي للدول الأعضاء في مجلس التعاضد الاقتصادي وذلك في إطار "البرنامج الشامل للتقدم العلمي والتقني حتى سنة ٢٠٠٠".

وبفضل الالتزام الثابت بهذه المبادئ الأساسية، لم يقع أي حادث نووي في الجمهورية الديمقراطية الألمانية كما لم يحدث أي تشعع غير مقبول للموظفين أو السكان.

وستهتدي الجمهورية الديمقراطية الألمانية بهذا النهج عينه في تنمية استخدام الطاقة النووية في المستقبل.

خبرة أسبانيا في تنمية الطاقة النووية

(أسبانيا)

تتولى وزارة الصناعة والطاقة تخطيط الطاقة في أسبانيا، وهي تجري الدراسات اللازمة تبعاً لتنبؤات التنمية الاقتصادية.

وتستخدم هذه الدراسات كأساس لإعداد خطة وطنية للطاقة، تعتمدها الحكومة وتصلح لعدد من السنوات.

وفي الخطة، توضع معاً إمدادات الكهرباء اللازمة لتلبية الاحتياجات من مختلف مصادر الطاقة.

بدايات القوى النووية

ولدت الصناعة النووية الأسبانية في سياق اقتصادي خاص : فقد حدث خلال الستينات نمو كبير في الناتج المحلي الإجمالي، بزيادة سنوية تراكمية متوسطة قدرها ٦ بالمائة.

ولتلبية الطلبات المتزايدة على الطاقة التي نشأت نتيجة لتحسين الوضع الاقتصادي في البلد، كان من الضروري زيادة وتنويع إمدادات الطاقة عن طريق الخيار النووي.

وخلال العقد السابق شكل مجلس الطاقة النووية كهيئة مسؤولة عن البحوث، والسلامة الإشعاعية، والحماية، واستكشاف المعادن المشعة، وصناعة الوقود النووي، وتدريب الموظفين العلميين والتقنين على نحو مناسب.

وفي عام ١٩٦٤، صدر قانون الطاقة الذرية وأصبح القاعدة القانونية لإنشاء الصناعة النووية.

ونظراً لأن أسبانيا لم تكن تملك الموارد التكنولوجية المناسبة، كان عليها ان تلجأ إلى التكنولوجيا الأجنبية؛ غير انه تم تجنب الاعتماد الكامل على تكنولوجيا معينة أو على مورد بعينه، ونتيجة لذلك فإن أول ثلاث محطات توليد للقوى النووية ثم تشغيلها فيما بين ١٩٦٨ و ١٩٧٢ كانت من ثلاثة أنواع مختلفة : مفاعل ماء مضغوط (خوزيه كبريرا)؛ ومفاعل ماء غالٍ (سانتا ماريا دي غارونا)، ومفاعل غاز-غرافيت (فانديلوس ١).

وهكذا استطاعت أسبانيا الوصول إلى مختلف التكنولوجيات المتاحة واختيار أنسبها لوضع الخطط النووية اللاحقة.

أسس التنمية النووية

أمكن تحقيق التنمية النووية الأسبانية بالتعاون الوثيق بين القطاعين العام والخاص؛ وكانت السمات البارزة لهذه التنمية كالآتي :

(أ) الإجراءات الإدارية لتعزيز وتنظيم الطاقة النووية عن طريق :

- تخطيط الطاقة.
- تنظيم التصميم، ضمان الجودة، وتشغيل محطات القوى بواسطة نظام ترخيص متدرج (ترخيص أولي، ترخيص للبناء، ترخيص للتشغيل).
- مراقبة السلامة النووية والحماية من الإشعاعات.
- الترخيص لشركات الخدمات، ومنتجي المعدات، إلخ.. الذين يعملون في المجال النووي.
- اتخاذ خطوات لتعزيز البحث والتطوير في المجال النووي.
- تطبيق تدابير إنمائية اقليمية للتأكد من أن جزءاً كبيراً من القيمة المضافة يبقى في المناطق الجغرافية التي توجد فيها محطات القوى، وتشجيع إقامة مشاريع فرعية في هذه المناطق وتعيين وتدريب الفنيين من أهالي المناطق المعنية.

(ب) إنشاء مجلس الطاقة النووية في بداية الخمسينات، والذي أصبح الآن "مركز بحوث الطاقة والبيئة والتكنولوجيا" (سيمات CIEMAT) بوصفه الهيئة الرسمية المسؤولة عن البحوث النووية والتدريب في مجال التكنولوجيا النووية. (وقد عهدت إلى جهات ووكالات أخرى الوظائف التي كان يضطلع بها من قبل مجلس الطاقة النووية فيما يتصل بدورة الوقود والسلامة النووية والحماية من الإشعاعات).

(جـ) إنشاء مجلس السلامة النووية في عام ١٩٨٠ كهيئة مستقلة مسؤولة عن الأمان النووي والحماية من الإشعاعات.

(د) إنشاء مشاريع حكومية ومشاريع خاصة في الميدان النووي تعمل في الهندسة، والخدمات، وصناعة المعدات النووية، والوقود النووي، استحدثت تكنولوجياتها الخاصة أو استوعبت التكنولوجيا المشتراة من الخارج.

ومن بين المنشآت الحكومية، تجدر الإشارة بصفة خاصة إلى شركة إينوسا الوطنية لليورانيوم (ENUSA)، وشركة إنريسا الوطنية للنفايات (ENRESA) .

وشركة إنوسا مسؤولة عن القيام بالأنشطة الصناعية والتجارية المرتبطة بالطرف الامامى لدورة الوقود، بما في ذلك استكشاف وتعدين ترسبات اليورانيوم وصناعة عناصر الوقود اللازمة لمفاعلات الماء المضغوط ومفاعلات الماء الغالي.

وشركة إنريسا مسؤولة عن تصريف النفايات المشعة وإيجاد أماكن لتخزينها.

الوضع الراهن لمنشآت القوى النووية

كان نصيب القوى النووية ٣١ بالمائة من إجمالي توليد الكهرباء في عام ١٩٨٦، مع عامل حمل يبلغ ٧٥ بالمائة. وخلال السنوات الأخيرة كانت هناك زيادة سريعة في نصيب القوى النووية؛ فقد زاد هذا النصيب من ٧,٧ بالمائة في ١٩٨٢ إلى ٩,١ بالمائة في ١٩٨٣، و ١٩,٤ بالمائة في ١٩٨٤، و ٢٢,٨ بالمائة في ١٩٨٥. وعلى المستوى الوطني، بلغ إجمالي القوى الكهربائية المولدة ١٢١,٢٥ تيراوات ساعة في عام ١٩٨٦.

وفي أسبانيا حالياً ٨ محطات للقوى النووية في التشغيل التجاري، وفيما يلي تواريخ توصليها بالشبكة، وأنواع المفاعلات، وإجمالي القدرة الكهربائية المصممة بوحدات ميغاوات : خوزيه كاريرا (١٩٦٨، مفاعل ماء مضغوط، ١٦٠)، غارونا (١٩٧١، مفاعل ماء غال، ٤٦٠)، فانديلوس ١ (١٩٧٢، مفاعل مبرد بالغاز، ٤٩٦)، ألمراز ١ (١٩٨١، مفاعل ماء مضغوط، ٩٣٠)، أسكو ١ (١٩٨٣، مفاعل ماء مضغوط، ٩٣٠)، ألمراز ٢ (١٩٨٣، مفاعل ماء مضغوط، ٩٣٠)، كوفرنتيس (١٩٨٤، مفاعل ماء غال، ٩٧٥ صافي القدرة) وأسكو ٢ (١٩٨٥، مفاعل ماء مضغوط، ٩٣٠).

وعلى وجه التحديد، تشمل هذه المحطات التي يبلغ إجمالي قدرتها الكهربائية المصممة ٥٨١١ ميغاوات كهربائي، خمسة مفاعلات مبردة بالماء الخفيف المضغوط، ومفاعلين من النوع المبرد بالماء الغالي، ومفاعلاً يهدأ بالغرافيت ويبرد بالغاز.

وترد المعايير التي تنظم في الوقت الحالي سياسة الطاقة الأسبانية في خطة الطاقة الوطنية التي وضعتها الحكومة للفترة ١٩٨٣ – ١٩٩٢؛ وتبين الخطة القدرات التي تقام في السنوات المتتابعة وأنواع المحطات المطلوبة لتلبية الاحتياجات، ومواقع هذه المحطات. وبموجب الخطة ستبدأ محطتان جديدتان للقوى النووية بحلول عام ١٩٩٠، هما فانديلوز ٢ (مفاعل ماء مضغوط، ٩٨٢ ميغاوات كهربائي)، وتريللو رقم ١ (مفاعل ماء مضغوط، ١٠٤١ ميغاوات كهربائي).

الوضع التكنولوجي في أسبانيا

خلال تنفيذ البرنامج النووي، حققت أسبانيا درجة من الاكتفاء الذاتي، وكان ذلك في بعض الحالات بفضل جهودها التطويرية الخاصة وفي حالات أخرى عن طريق نقل التكنولوجيا الأجنبية فيما يتعلق بالأنشطة التالية :

- استكشاف ترسبات اليورانيوم وتعدينه.
- إنتاج مركزات اليورانيوم.
- صناعة عناصر الوقود.

- إنتاج مكونات نووية ثقيلة من قبيل الأوعية، ومولدات البخار، وأجهزة الضغط، إلخ.
- إنتاج مكونات ميكانيكية وكهربائية وأجهزة قياس أخرى.

وتطورت في هذا الإطار الصناعي جميع الخدمات اللازمة لبناء وتشغيل محطات القوى النووية، والمرافق اللازمة لهذا النوع من الصناعة من قبيل مايلي :

- مؤسسات صناعية كبيرة.
- مؤسسات البناء، ووكالات التفتيش، وضمان الجودة، إلخ.
- شركات الخدمات للمحطات العاملة.
- تدريب العاملين.

ووجود مؤسسات صناعية استوعبت التكنولوجيا اللازمة كان يعني أن الخدمات يمكن تنفيذها بعد ذلك على المستوى الوطني، مما أدى إلى درجة عالية من المشاركة المحلية في المشاريع النووية التي أنشئت مؤخراً.

الهندسة	٩٥ ٪
المعدات الرأسمالية	٦٢ ٪
أعمال الهندسة المدنية	١٠٠ ٪
التجميع	١٠٠ ٪
تدريب موظفي التشغيل	١٠٠ ٪
النقل	٨٨ ٪
الإجمالي	٨٦ ٪

وبالإضافة إلى ذلك أمكن تقليل الوقت اللازم لبناء محطات القوى إلى مستواه الحالي وهو سبع سنوات.

وصاحب هذا الوضع المواتي توسع وتعزيز البحوث النووية وأعمال التطوير.

وفي هذا الصدد، فإن السياسة المتبعة هي زيادة مستوى السلامة وتوسيع الأنشطة التي يقوم بها مركز "سيمات". وتدمج هذه الأنشطة مع متطلبات المنشآت النووية، التي عقدت معها عدة اتفاقات تضمن في كل حالة أن يكون المشروع متفقاً مع الاحتياجات، أن تنعكس قيمة العمل المنجز في العائد المالي المتحقق منه، إلى جانب بلوغ المستويات المطلوبة من الجودة العلمية.

وتمول أعمال البحث والتطوير في قطاع الكهرباء من نسبة مئوية من رسوم الكهرباء، مع تخصيص حصة مناسبة من هذا الدخل لبحوث المجال النووي.

ومن السمات المميزة لمشاريع البحوث النووية نطاقها التقني والمالي الواسع الذي يتطلب تنفيذها في سباق دولي. وفي هذا الإطار، تسهم أسبانيا في عدة مشاريع دولية.

نطاق التعاون مع البلدان الأخرى

إن التكنولوجيا النووية الأسبانية متقدمة وتغطي تقريباً جميع مراحل الدورة النووية، وهي أيضاً متشعبة في طابعها بمعنى أنها تقوم في آن واحد معاً على التطورات التقنية في أسبانيا وعلى نقل التكنولوجيا بموجب تراخيص. وقد تحقق الوصول إلى هذا المستوى التكنولوجي بدءاً ببنية تقنية أساسية بدائية تتناسب مع حالة البلاد الاقتصادية في الستينات.

وهذا يعني أنه بفضل الجهود الإبداعية الاستيعابية الضخمة، اجتازت أسبانيا المراحل اللازمة، وبفضل تنوع مصادر توريد المفاعلات المشار إلية أعلاه، لم يترتب على هذا الاستيعاب اعتماد على نظام واحد.

وبالتالي، فإن أسبانيا الآن في مركز طيب يسمح لها بالتعاون مع البلدان الأخرى الموجودة في مستوى مماثل لمستوانا عندما بدأنا برنامجنا النووي.

وبهذا المفهوم، قامت أسبانيا بالفعل بتنفيذ مشاريع للتعاون مع بلدان أخرى في بعض فروع التكنولوجيا التي أتقنتها؛ كما أنها تتعاون في تدريب التقنيين الأجانب في إطار البرامج التي ترعاها الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

المرحلة الحالية للتعاون فيما بين البلدان الأعضاء في مجلس التعاضد الاقتصادي في استخدام الطاقة النووية في الأغراض السلمية

(مجلس التعاضد الاقتصادي)

قرر مؤتمر القمة الاقتصادي للبلدان الأعضاء في مجلس التعاضد الاقتصادي الذي عقد بموسكو في ١٩٨٤ اتجاهات طويلة الأجل لتفاعل البلدان الأعضاء في مجلس التعاضد الاقتصادي في المجالات الرئيسية للعلم والتكنولوجيا، بما في ذلك المهام التالية :

- تعجيل دفع الاقتصاد إلى المسار المكثف، ورفع كفاءته بتحسين هيكل الإنتاج الاجتماعي، وترشيد وتعزيز استخدام الموارد المادية والبشرية المتاحة، وتحسين استخدام الأصول الثابتة للقدرات العلمية والتكنولوجية؛

- العمل على زيادة نمو الإنتاج الاجتماعي بوصفه الوسيلة الرئيسية لتعزيز القاعدة المادية والتقنية للمجتمع الاشتراكي ورفع مستوى معيشة الناس؛

- رفع المستوى التقني للإنتاج ودرجة التعويل عليه وقوة تحمله، وتوسيع وتعجيل عملية تجديد نطاق المنتجات؛

- تعجيل عملية التسوية التدريجية لمستويات التنمية الاقتصادية في البلدان الأعضاء في مجلس التعاضد الاقتصادي، وبالدرجة الأولى رفع مستويات التنمية الاقتصادية في جمهورية فييت نام الاشتراكية وجمهورية كوبا وجمهورية منغوليا الشعبية إلى مستويات البلدان الأوروبية الأعضاء في مجلس التعاضد.

والمهام البرنامجية التي تحدد استراتيجيات التعاون فيما بين البلدان الأعضاء في مجلس التعاضد الاقتصادي في المرحلة الحالية هي بلوغ أعلى مستويات التقدم العلمي والتكنولوجي، وتكثيف الإنتاج الاجتماعي، وتحقيق زيادة حادة في كفاءة، وتعجيل حل المشكلات الاجتماعية الاقتصادية الرئيسية.

ونظراً للأهمية الخاصة التي يكتسبها تعجيل التقدم العلمي والتكنولوجي إلى أقصى حد، فقد توصل المشتركون في المؤتمر إلى اتفاق بشأن الاشتراك في وضع برنامج شامل للتقدم العلمي والتكنولوجي لـ ١٥-٢٠ سنة، وذلك على أساس برامج وطنية، من أجل صياغة سياسة علمية وتكنولوجية منسقة، ومشتركة في بعض المجالات، للتوصل إلى حلول معجلة بالجهود المشتركة لأهم المشكلات القائمة في مجال العالم والتكنولوجيا ومن أجل تطبيق

النتائج المتحققة في الإنتاج على أساس تبادل المنفعة في البلدان المهتمة.

واعتمدت الدورة الحادية والأربعون (غير العادية) لمجلس التعاضد الاقتصادي، المعقودة في كانون الأول/ديسمبر ١٩٨٥، البرنامج الشامل للتقدم العلمي والتكنولوجي للبلدان الأعضاء في مجلس التعاضد الاقتصادي حتى سنة ٢٠٠٠. وهدف البرنامج هو بلوغ أعلى المستويات في العلم والتكنولوجيا والإنتاج، وحل مهمة تعجيل التقدم الاجتماعي الاقتصادي، ورفع مستوى رفاهية ونوعية حياة المواطنين في البلدان الأعضاء في مجلس التعاضد.

وبترجمة البرنامج في الحياة، وضعت البلدان الأعضاء لنفسها أهداف سلمية بحتة وصممت على تحقيق انجازات في الثورة العلمية التكنولوجية الحالية لخدمة السلم.

وعلى المدى البعيد، يستجيب البرنامج للمصالح الحيوية للبشرية نظراً لأن تنفيذه سوف يؤدي إلى توسيع سبل التعاون المفيدة لكل الأطراف مع البلدان الاشتراكية من غير أعضاء مجلس التعاضد، ومع البلدان النامية، وغيرها من دول العالم.

والبلدان المهتمة من أعضاء مجلس التعاضد مستعدة لتنسيق أنشطتها في إطار البرنامج مع سائر البلدان المهتمة على قدم المساواة وعلى أساس المنفعة المتبادلة. ويتضمن ذلك التنسيق في إطار برامج التعاون العلمي والتكنولوجي الدولي التي تعتمدها وتتسم بالانسانية، وتلتزم بالإسهام في السلم، وتتفق مع أغراض الأمم المتحدة.

ومن بين مجالات الأولوية الخمسة للتقدم العلمي والتكنولوجي، يتوخى البرنامج تعجيل تنمية صناعة القوى النووية في البلدان الأعضاء في مجلس التعاضد الاقتصادي.

والمهمة الرئيسية للتعاون في هذا المجال هي تأمين إعادة تنظيم نوعية عميقة لصناعات القوى في البلدان الأعضاء، ورفع كفاءة وعول إمدادات القوى الكهربية، وتقليل استخدام الوقود الأحفوري، وتحسين إمدادات الحرارة للمدن، وحماية البيئة وترشيد استخدام الطاقة.

ولبلوغ هذه الغاية، اتفقت بلدان مجلس التعاضد على تحقيق ما يلي من خلال الجهود المشتركة :

- تحسين واستمرار إقامة محطات القوى النووية باستخدام المفاعلات WWER- 440 و WWER- 1000 التي تبرد بالماء، والتي تتسم بكفاءة تقنية واقتصادية عالية، وتحقيق درجة عالية من معايرة وتوحيد المعدات، والنظم الجديدة عالية الموثوقية للتحكم وأتمتة العمليات التكنولوجية؛

- تحسين استخدام اليورانيوم الطبيعي واستحداث طرق وأساليب جديدة فعالة لمعالجة النفايات المشعة ونقلها ودفنها، وتفكيك منشآت القوى النووية بطريقة مأمونة بعد انتهاء فترة خدمتها؛

- استحداث محطات نووية لتوليد القوى الحرارية للتسخين المنزلي والصناعي وإمدادات الكهرباء مع نقل الحرارة لمسافات بعيدة؛

- تطوير معدات مفاعلات التوليد السريعة المنتجة للوقود، ومحطات القوى النووية ذات الحرارة المرتفعة المتعددة الأغراض، وإجراء بحوث لجعل الاندماج الحراري النووي المحكوم القابل للتنفيذ علمياً مصدراً للطاقة في المستقبل.

وسوف يؤدي تنفيذ هذه المهام إلى حل قدر كبير من مشكلات بناء قدرات توليد القوى في بلدان مجلس التعاضد، وتقليل الاستثمارات الرأسمالية في صناعات إنتاج الوقود، وتوفير كميات ضخمة من أنواع الوقود الأحفوري النادرة لتلبية احتياجات أخرى، وتوسيع قاعدة موارد صناعة القوى النووية، ووضع الأساس لتنظيم وحدات إنتاج ضخمة جديدة، وتحسين كفاءة الوقود وموثوقية وسلامة محطات القوى النووية، وتمهيد السبيل لتوفير إمدادات للطاقة غير قابلة للاستنزاف من الناحية العملية على أساس التفاعل الحراري النووي المحكوم.

إن القدرة المقامة الحالية لمحطات القوى النووية في بلدان مجلس التعاضد تبلغ نحو ٠٠٠ ٣٦ ميغاوات، منها ١٧٦٠ ميغاوات في بلغاريا، و ١٣٢٠ ميغاوات في هنغاريا، و ١٧٦٠ ميغاوات في الجمهورية الديمقراطية الألمانية، و ٠٠٠ ٢٨ ميغاوات في الاتحاد السوفياتي، و ٣٠٨٠ ميغاوات في تشيكوسلوفاكيا.

ووفقاً للبرنامج الشامل للتقدم العلمي والتكنولوجي، وبرنامج إنشاء محطات القوى النووية والمحطات النووية لإمداد المناطق بالحرارة، التي اعتمدت في الدورة الثانية والأربعين لمجلس التعاضد الاقتصادي، يتوخى توصيل القدرة المتجمعة لمحطات القوى النووية في بلغاريا، وهنغاريا، والجمهورية الديمقراطية الألمانية، وجمهورية كوبا، وبولندا، ورومانيا، وتشيكوسلوفاكيا إلى ٠٠٠ ٥٠ ميغاوات بحلول عام ٢٠٠٠، وزيادتها بمقدار ٥-٦ أضعاف في اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية. وتبعاً لذلك، سيزيد نصيب الطاقة الكهربية المولدة في محطات القوى النووية من ١٠-١١ بالمائة إلى ٣٠-٤٠ بالمائة.

إن تنفيذ البرامج واسعة النطاق لإقامة محطات القوى النووية في بلدان مجلس التعاضد يقوم على هندسة متقدمة للغاية في مجال القوى النووية، وتخصص وإنتاج مشترك للمعدات فيما بين البلدان المعنية.

وفي عام ١٩٧٩، وقعت بلغاريا، وهنغاريا، والجمهورية الديمقراطية الألمانية، وبولندا، ورومانيا، واتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية وتشيكوسلوفاكيا ويوغوسلافيا، اتفاقاً بشأن التخصص الدولي متعدد الأطراف، والإنتاج المشترك والإمدادات المشتركة لمعدات محطات القوى النووية في الفترة ١٩٨١-١٩٩٠. وهذا هو أحد أضخم الاتفاقات التي عقدت في إطار مجلس التعاضد الاقتصادي بالنظر إلى حجم الإنتاج والامدادات التعاونية التي يشملها. ويشترك في تنفيذ هذا الاتفاق نحو ٥٠ مؤسسة ومجمع صناعي في البلدان الأوروبية الأعضاء في المجلس ويوغوسلافيا.

وفي الوقت الحاضر تتولى صناعات البلدان المشتركة في الاتفاق إنتاج كامل نطاق المعدات اللازمة لمحطات القوى النووية التي تتكون من وحدات قدرة كل منها ٤٤٠ ميغاواط (WWER-440). ويقترب العمل من نهايته لبدء الإنتاج المتوالي للمعدات وفقاً للتسمية الموحدة لمحطات القوى النووية بمفاعلات ١٠٠٠ ميغاواط (WWER-1000) .

وينفذ التخصص والإنتاج المشترك لمعدات محطات القوى النووية في بلدان مجلس التعاضد في إطار رابطة اقتصادية دولية لصناعة الأجهزة النووية هي رابطة INTERATOMINSTRUMENT، التي أسستها البلدان المعنية.

ويعتبر إنشاء محطة باكس للقوى النووية في جمهورية هنغاريا الشعبية مثالاً نموذجياً للتكامل الاقتصادي الاشتراكي في هذا المجال. وقد قامت تشيكوسلوفاكيا بتوريد المفاعلات WWER-440، وورد الاتحاد السوفياتي التوربينات، وورّدت الجمهورية الديمقراطية الألمانية معدات النقل والمعدات التكنولوجية.

وبينما تتعاون بلدان مجلس التعاضد في المجالات الإنتاجية والعلمية والتكنولوجية لتطوير صناعة القوى النووية، تعلق هذه البلدان أهمية خاصة على سلامة وموثوقية تشغيل محطات القوى النووية وحماية البيئة.

ونتيجة لمجموعة كبيرة من التدابير التي تتخذ بمحطات القوى النووية، بلغت بلدان مجلس التعاضد معاملات عالية لاستخدام القدرة الإنتاجية (٨٠ إلى ٨٥ بالمائة). وفي الوقت نفسه يبلغ معدل تعرض العاملين عُشر المعدلات المسموح بها. وفي ظل التشغيل العادي لمحطات القوى النووية، لا يوجد لها أي تأثير تقريباً في البيئة.

ويجرى بصفة دائمة تحسين المعدات النووية للتحكم وتشغيل محطات القوى النووية، بما في ذلك معدات التحكم داخل المفاعل، ونظم المراقبة الأوتوماتية للسلامة الإشعاعية لمحطات القوى النووية، ونظم المراقبة الأوتوماتية لقياس التلوث الإشعاعي في البيئة. وتجرى بصفة منتظمة اختبارات مخبرية لسلامة المفاعلات وتجارب لمحاكاة ودراسة عواقب الحوادث المختلفة.

ويولى اهتمام كبير لنقل الوقود النووي المستهلك بطريقة مأمونة، ومعالجة ودفن النفايات المشعة. وقد استحدثت عربات-حاويات خاصة لنقل الوقود المستهلك بالسكك الحديدية تستخدم بنجاح. ودرست طرق دفن النفايات المشعة في مختلف التكوينات الجيولوجية.

إن وضع ومراعاة عدد كبير من وثائق المواصفات القياسية على أهمية كبيرة لضمان درجة عالية من موثوقية وسلامة هندسة القوى النووية. وفي هذا المجال يشترك مجلس التعاضد الاقتصادي في تعاون مثمر مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية. وباستخدام توصيات الوكالة، اشتركت بلدان مجلس التعاضد في وضع ٤٠ وثيقة معيارية تنظم التشغيل المأمون لمحطات القوى النووية التي تعمل بمفاعلات WWER. وتتضمن هذه الوثائق قواعد النقل المأمون للوقود النووي المستهلك من محطات القوى النووية في البلدان الأعضاء بمجلس التعاضد الاقتصادي

بالسكك الحديدية، ودليل تصنيف وتقدير عواقب الإشعاع الناتج من حوادث محطات القوى النووية العاملة بمفاعلات WWER، ودليل إعداد تدابير حماية السكان في حالة وقوع حادث بمحطة قوى نووية، وطريقة عامة لتقدير حمل الإشعاع في الأشخاص العاملين بمحطات القوى النووية، إلخ. وقد اتخذ عدد من التدابير الخاصة لرفع درجة أمان محطات القوى النووية بعد الحادث الذي وقع في محطة تشرنوبيل للقوى النووية.

وتشترك بلدان مجلس التعاضد بشكل فعال في أنشطة الوكالة الدولية للطاقة الذرية بشأن صياغة أساليب دولية لتنمية صناعة القوى النووية بشكل مأمون وتنفيذ برنامج الوكالة الموسع في مجال السلامة النووية. وقدمت إسهاماً كبيراً في وضع اتفاقيتين دوليتين بشأن «الإبلاغ المبكر عن الحوادث النووية»، و «المساعدة في حالات الحوادث النووية والطوارئ الإشعاعية»، تم اعتمادهما في دورة خاصة للوكالة الدولية للطاقة الذرية عقدت في أيلول/سبتمبر ١٩٨٦.

وبالنظر إلى المتطلبات الجديدة للاستخدامات السلمية للطاقة النووية، المترتبة على الاتفاقات التي تم التوصل إليها في إطار الوكالة الدولية للطاقة الذرية، وضعت هيئات مجلس التعاضد عدداً كبيراً من تدابير التعاون لزيادة موثوقية وسلامة صناعة القوى النووية. وتشمل هذه التدابير جميع حلقات صناعة القوى النووية ابتداء من اختيار مواقع المحطات وحتى تفكيك المحطة بعد انتهاء مدة خدمتها.

تطبيق انجازات العلوم والتكنولوجيا النووية
في الاقتصاد الوطني

إلى جانب التعاون في استخدام القوى النووية في صناعة الطاقة الكهربية، تولي بلدان مجلس التعاضد اهتماماً كبيراً لتنمية التعاون في التطبيق واسع النطاق لانجازات العلوم والتكنولوجيا النووية في مختلف فروع الاقتصاد الوطني.

وهناك دور هام يمكن ان تقوم به تكنولوجيا النظائر والإشعاع في نجاح حل عدد من المشكلات التي تناولها البرنامج الشامل للتقدم العلمي والتكنولوجي للبلدان الأعضاء في مجلس التعاضد الاقتصادي حتى سنة ٢٠٠٠. وتتضمن تكنولوجيا النظائر والإشعاع مجموعة من الطرق والوسائل التقنية والتكنولوجيات تقوم على أساس النظائر المشعة ومصادر الإشعاع النووي.

وتوضح الخبرة العملية المكتسبة طوال عدة سنوات، بطرق مقنعة، أن استخدام تكنولوجيا النظائر والإشعاع يحقق دائماً وفورات كبيرة في السلع والمواد والطاقة، ويزيد إنتاجية العمل ويحقق الذوق الرفيع في الإنتاج ويحدث أثراً اقتصادياً كبيراً.

وخلال الفترة ١٩٦٠-١٩٨٥، استخدم أكثر من ٢٠٠ ٠٠٠ من أجهزة النظائر المشعة ومنشآت الإشعاع في اقتصادات بلدان مجلس التعاضد. وأسفر ذلك عن أثر اقتصادي مجمع يزيد على ٢٠ مليار روبل بينما بلغت النفقات على عمليات استحداث وتطبيق هذه الأساليب ٣,٥ مليار روبل. إلى جانب ذلك، تحقيق أثر اجتماعي هام هو تحقيق الذوق الرفيع في الإنتاج، وحماية صحة العاملين، وحل المشكلات البيئية بطريقة إيجابية.

وينفذ التعاون العلمي والتكنولوجي متعد الأطراف فيما بين بلدان المجلس في هذا المجال في إطار اللجنة الدائمة التابعةلمجلس التعاضد والمعنية بالتعاون في استخدام الطاقة النووية في الأغراض السلمية. وتولي هذه اللجنة اهتماماً كبيراً لتنمية منتجات النظائر، ورفع مستواها التقني، وتوحيد ومعايرة منتجات النظائر، ومعدات النظائر المشعة، وتكنولوجيا الإشعاع والتعجيل، وتحديد الشروط الأساسية للتخصص والإنتاج المشترك في هذا المجال.

وعملاً بالاتفاق المتعلق بالتخصص الدولي متعدد الأطراف في إنتاج النظائر المشعة، يجري إنتاج أكثر من ١٤٠٠ نوع من النظائر المشعة والمستقرة المختلفة، والمركبات الموسومة، ومصادر الإشعاع المؤين، ومصادر ومحاليل العينات، ومستحضرات صيدلانية مشعة، ومستلزمات التحليل المناعي الإشعاعي.

وينفذ الإنتاج المتخصص لأجهزة التحليل متعددة القنوات، وأجهزة قياس الجرعة، وأجهزة قياس الإشعاع، ومعدات التشخيص بالأشعة السينية، ومختبرات كشف العيوب، ومحددات قياس التخانة باستخدام النظائر المشعة، ومحددات قياس التركيز، ومبينات المستوى، ووسائل معادلة الكهرباء السكونية، وأجهزة قياس الطيف، وأجهزة قياس الومضان، ونبائط الانذار بالحريق، وأنواع أخرى كثيرة من المعدات التي تستخدم في عملها النظائر المشعة، في إطار الرابطة الاقتصادية الدولية INTERATOMINSTRUMENT.

وقد استحدث عدد كبير جداً من الطرق الجديدة التي تستخدم فيها النظائر المشعة، وأنواع جديدة من المعدات، وتكنولوجيا وتركيبات الإشعاع وجرى تطبيقها في إطار التعاون داخل اللجنة التابعة لمجلس التعاضد الاقتصادي.

وعلى سبيل المثال، ففي بلغاريا استحدثت واستخدمت على نطاق واسع طرق ومعدات لتحليل تركيب المواد، وكشف العيوب بالإشعاع، وتحديد قياس المستوى بطريقة أوتوماتية، وكذلك قياس الرطوبة، والكثافة، والوزن وغيرها من بارامترات العمليات التكنولوجية. كما استحدثت تكنولوجيات إشعاع لإنتاج مواد متبلمرة محددة، وتلوين الزجاج البصري، وتصليد البوليستر في المنتجات الكهروتقنية كبيرة الحجم. وتستخدم على نطاق قطري طريقة لتشعيع البذور قبل الزراعة في البرسيم الحجازي، والطماطم، والباذنجان، وفول الصويا، والذرة، والتبغ ومحاصيل أخرى، مما يؤدي إلى زيادة في المحصول تتراوح بين ٢٠ و ٢٥ بالمائة.

وفي هنغاريا، شرع المتخصصون في إنتاج المواد التي تتصلد عند التسخين، مثل الأنابيب والأشرطة وغيرها من منتجات العزل والتشييد المصنوعة من البولي اثلين والتي تعالج بالإلكترونات المعجلة. وتجرى على أساس تجاري

عمليات تعقيم المواد والمنتجات الطبية بالإشعاع. وينتج المتخصصون في هنغاريا نطاقاً واسعاً من المعدات الطبية النووية، بما في ذلك غرف الومضان باشعة غاما، وأجهزة التفرّس ثنائية القناة لفحص المقطع الجانبي لأغراض تشخيص الأمراض الباطنية.

وفي الجمهورية الديمقراطية الألمانية، استحدث المتخصصون وطبقوا في الإنتاج طرق ومعدات النظائر المشعة للتحليل المتواصل لتركيب المواد، وتعيين محتوى الرماد في الفحم البني وفحم الكوك، وتعيين كثافة اللباب والمحاليل، وقياس عمق الحشوة في الفرن العالي. وفي سبع محطات للقوى الكهربية ركبت أنظمة قياس إشعاع لتقدير محتوى الرماد في الفحم للتمكن من المحافظة على معدل كمية الحرارة المنتجة في وحدة الزمن عند مستوى ثابت، وتحسين عملية احتراق الفحم، وتقليل الحرارة المفقودة، وزيادة كفاءة مولدات البخار وغيرها من معدات المحطات. كما يتقدم الإنتاج التجاري لمنتجات الكبول ذات العزل عالي الثبات عند التسخين المصنوعة من البولي اثلين المرتبط بطريقة الإشعاع، وتعديل الألياف النسجية بالإشعاع، وتصليد طبقات الطلاء والورنيش، وتعقيم المنتجات الطبية، وتنقية مياه الشرب. وقد أقيمت في نيسان/ابريل ١٩٨٦ منشأة تجارية لتشعيع المنتجات الغذائية بقدرة إنتاجية ٤٠٠٠ طن في السنة.

وفي جمهورية كوبا استخدم المتخصصون بنجاح طرق ومعدات النظائر المشعة في تعدين ركازات النيكل وإنتاج النيكل، وفي الزراعة، وفي صناعات السكر والتبغ. وفي عام ١٩٨٦، وبمساعدة الوكالة الدولية للطاقة الذرية، أقيمت منشأة صناعية تجريبية صممها المتخصصون السوفياتيون لتشعيع الأغذية والمنتجات الزراعية.

وفي بولندا، يتقدم الإنتاج المتوالي لمختلف أنواع معدات النظائر المشعة لرصد وتنظيم العمليات التكنولوجية، وذلك في إطار برنامج شامل باسم METRORAD. واستكملت أعمال استحداث طرق بحث المؤشرات الإشعاعية وتحسين عمليات بلورة الفولاذ واختزال النحاس. وتتيح طريقة متكاملة استحدثها الأخصائيون البولنديون لدراسة خزانات المياه بالاستعانة بمؤشرات ملونة ومشعة، التنبؤ بدرجة تلوث الخزانات وتحسين مواقع تصريف مياه المجاري. وأنشئ عدد من المرافق لتعديل البوليمرات والأقمشة ومواد شبه الموصلات بالإشعاع، ولتصليد طبقات الطلاء والورنيش، وإنتاج أنابيب وأشرطة تتصلد بالتسخين من البولي اثلين الموصول بالإشعاع، وحفظ الجلود، وفلكنة (طبخ) المطاط، وتعقيم المنتجات والمواد الطبية.

وفي رومانيا، تستخدم طرق ومعدات النظائر المشعة في فروع عديدة من الصناعة. واستحدثت طرق المؤشرات الإشعاعية لتعيين درجة بلي بطانة الأفران العالية بطريقة أوتوماتية متواصلة. واستحدث معدات لتعيين محتوى الرماد والقيمة السُّعرية للفحم البني عن طريق امتصاص اشعة غاما والتشتت الأمامي لهذه الأشعة. وتنتج أجهزة تحليل بالتفلور بالأشعة السينية لإجراء تحاليل متعددة العناصر للكشف عن تركيب المواد مع مناظير تجارية لكشف العيوب بأشعة غاما. وتم تشغيل منشأة لأشعة غاما لإنتاج وتعديل المواد المبلمرة.

وأتقن الاتحاد السوفياتي عملية الإنتاج المتوالي والتطبيق الواسع النطاق لمعدات متنوعة للنظائر المشعة، وفي

مختلف فروع الاقتصاد الوطني. وتشكل معدات النظائر المشعة إلى حد كبير جزءاً من النظم المؤتمتة للتحكم في العلميات التكنولوجية. وقد أقيمت منشآت كبيرة إشعاعية وتكنولوجية لإنتاج السلع من مواد يتم تعديلها بالإشعاع من قبيل الأخشاب، والكابلات والأسلاك باستخدام عوازل مصنوعة من البولي اثلين الموصول بالإشعاع، والأنابيب والأشرطة التي تتصلد بالتسخين، وأشرطة العزل اللصوقة شديدة المقاومة للحرارة والصقيع، وأقمشة مصنوعة من مطاط مفلكن (مطبوخ) بالاستعانة بالإشعاع، والمنظفات الصناعية التي تتحلل حيوياً، والألياف والأقمشة المعدلة بالإشعاع، وتشعيع الأغذية ومنتجات المزارع، وتعقيم المواد والمنتجات الطبية. واستحدث عدد من أجهزة التحليل التي تستخدم بنجاح مع مصادر النظائر المشعة ومعجلات الإلكترونات من أجل إجراء تحاليل سريعة عالية الإنتاجية للكشف عن تركيب المواد. وتطبق طريقة الإنتاج المتوالي لمناظير كشف العيوب بأشعة غاما من أجل المراقبة الإشعاعية للمنتجات والتركيبات الصناعية. وقد تحققت فوائد اجتماعية ضخمة من استخدام المؤسسات الطبية في البلدان الأعضاء بمجلس التعاضد الاقتصادي لمعدات إشعاعية سوفياتية الصنع – وحدات أشعة غاما الدوراة والساكنة – AGAT-R و AGAT-S ووحدات AGAT-V للمعالجة بأشعة غاما في التجاويف.

وفي تشيكوسلوفاكيا، تستخدم معدات النظائر المشعة في علم المعادن، صناعات وبناء الالات، والنفل، والفحم، والبتروكيماويات، والصناعات الغذائية، والزراعة. واستحدث عدد من الأجهزة لاختيار العيوب غير المتلف بالإشعاع في الأجزاء المعدنية والوصلات الملحومة. واستحدثت تكنولوجيات ومنشآت لتعديل الأخشاب ومواد التجليخ، وإنتاج البولي ستيرين ذاتي التسقية، وتطهير وحفظ الأعمال الفنية، وتنقية مياه المجاري، وتعقيم المنتجات الطبية، وتشعيع المنتجات الغذائية.

وتتوخى خطة التعاون العلمي والتكنولوجي فيما بين البلدان الأعضاء في مجلس التعاضد الاقتصادي في استخدام الطاقة النووية للأغراض السلمية للفترة ١٩٨٥–١٩٩٠ تنفيذ ما يلي :

- وضع نظام رئيسي معياري مشترك لصناعة الأجهزة النووية لخدمة صناعة القوى النووية وسائر فروع الاقتصاد الوطني؛
- استحداث أجهزة علاجية وتحليلية، وأجهزة كشف العيوب ومجمعات تكنولوجية تستخدم معجلات الجسيمات المشحونة؛
- استحداث نظم قياس إشعاعي مؤتمتة متكاملة لمراقبة وإدارة العمليات التكنولوجية؛
- استحداث طرق ووسائل محسنة لتطبيق المؤشرات الإشعاعية لتحليل وتحسين العمليات التكنولوجية، والمعدات الصناعية؛
- استحداث ومواصلة تحسين طرق ومعدات التحليل النووي الفيزيائي لتركيب المواد؛
- استحداث طرق ومعدات إشعاعية متكاملة للكشف غير المتلف للمنتجات والتركيبات الصناعية، بما فيها معدات محطات القوى النووية؛
- استحداث ومواصلة تحسين تكنولوجيا الإشعاع والمنشآت الإشعاعية والتكنولوجية المؤتمتة على أساس

الوحدات والقطع الموحدة؛

- استحداث مجموعة من معدات النظائر المشعة المؤتمتة للعلاج بالاشعة؛
- إنشاء نظام دولي لتبادل المعلومات بين البلدان الأعضاء في مجلس التعاضد الاقتصادي في مجال فاعلية النظائر وتكنولوجيا الإشعاع بالطريقة الفورية بالاستعانة بشكبة للاتصالات اللاسلكية.

والبلدان الأعضاء في مجلس التعاضد الاقتصادي تنادي على الدوام باتخاذ قرارات وإجراءات فعالة لتأمين تعاون علمي وتكنولوجي دولي بدون عوائق.

وستواصل تنمية التعاون في استخدام الطاقة النووية للأغراض السلمية مع البلدان الأخرى والمنظمات الدولية، وهي مستعدة للمشاركة في الخبرات، على أساس المساواة والمنفعة المتبادلة، في مجالات بناء وتشغيل منشآت الطاقة النووية، ومعدات النظائر المشعة، وتكنولوجيا الإشعاع والمعجلات.

وبلدان مجلس التعاضد مقتنعة بأن الظروف الحالية للتعاون العلمي والتكنولوجي الدولي، وبخاصة في استخدام الطاقة النووية للأغراض السلمية، لابد أن تكرس لخدمة السلم والتقدم الاجتماعي.

المشكلات المالية التي يثيرها تعزيز الطاقة النووية في البلدان النامية - البحث عن حل

جاك ريشار مونيه
هيئة الطاقة الذرية

(فرنسا)

يصطدم تعزيز الطاقة النووية في البلدان النامية بعوائق ذات طابع تقني وبشري ومالي.

وتجري في الوقت الحاضر دراسة مجموعة المشكلات التي تنشأ بهذا الشكل في الوكالة الدولية للطاقة الذرية بفيينا، حيث يستعرض هذه المشكلات فريق خبراء سوف تعلن توصياته في نهاية شهر أيار/مايو المقبل.

وقد جرى خلال الأسبوع الماضي فحص نقدي للجانب المالي المحض لهذه المسألة، بناء على الحلول التي تقترح لهذه المشكلات في الوقت الحاضر.

ويوضح التحليل أن الفرق الكبير القائم بين عناصر تكلفة الطاقة، تبعاً لما إذا كانت طاقة نووية أو أحفورية ينشأ من الأثر النسبي لتكلفة الاستثمار وثمن الوقود

ومما لاشك فيه أن التنبؤ لأجل طويل بسعر الطاقة ينطوي على مخاطر أكبر بالنسبة للحلول التقليدية منه بالنسبة للخيار النووي، نظراً لأهمية عنصر الوقود واتجاهات أسعار الوقود الأحفوري. غير أن التصميم الأولي- أي تمويل الاستثمار الأصلي - أسهل كثيراً بفضل انخفاض نسبته، في حالة تساوي إنتاج القوى، وبسبب سهولة تجزئته كثيراً.

لذلك فإن المرء يخلص إلى نتيجة مؤداها أن المشكلة التي يفرضها تطبيق القوى النووية كمصدر للطاقة في البلد النامي هي تمويل الاستثمار الأولي.

وحتى الآن كان حل هذه المشكلة يتوخى بصورة أساسية بتطبيق النهج التقليدي لائتمانات التصدير، مع استمرار إحجام وكالات المساعدة الانمائية الدولية الكبيرة عن أي مشروع للقوى النووية.

كما ان نهج ائتمانات التصدير نفسه غير متروك لتقدير الدول : فقد حدد الإطار الرئيسي وحدود هذا النهج بما يعرف عادة بتوافق منظمة التعاون والتنمية في المجال الاقتصادي، وبخاصة فيما يتعلق بالقوى النووية، بالاتفاق القطاعي المعقود في آب/ أغسطس ١٩٨٤. وتجدر الإشارة إلى العناصر الرئيسية لهذا الاتفاق :

- زيادة أقصى مدة للأئتمان إلى ١٥ سنة بعد بدء تشغيل المحطة النووية؛
- لا تقل المدفوعات الحسابية أثناء التشييد عن ١٥ بالمائة؛
- لايغطي الائتمان سوى جانب الواردات، ويستبعد الجزء المحلي والفوائد المستحقة أثناء التشييد؛
- سداد رأس المال في أقساط متساوية تضاف إليها الفوائد عن كل المستحقات المتبقية؛
- زيد سعر الفائدة بمقدار نقطة واحدة (١٠٠ نقطة أساسية) على السعر المقرر في "التوافق".

ومع مراعاة هذه القيود، تشابهت الردود التي قدمتها مختلف البلدان المصدرة لمحطات القوى النووية إلى حد بعيد.

ونظراً لأن أساس التمويل يظل هو ائتمانات التصدير، فإن هذه الائتمانات تستند إلى التأمين الذي تقدمه شركات تأمين الائتمانات - وهي في فرنسا "الشركة الفرنسية لتأمين التجارة الخارجية" (كوفاس).

والمخاطر التي تغطيها الشركة هي مخاطر توقف السوق طوال فترة التشييد إلى جانب مخاطر عدم سداد الائتمان المقدم.

وخلال السنتين الأخيرتين، تغير النهج الفرنسي كثيراً ليوفر للمستثمرين نطاقاً أوسع من الإمكانيات، سواء في اختيار الشركاء، أو في طرق التمويل. ولنذكر أنه حتى نهاية ١٩٨٥، لم تتخذ ترتيبات تقديم ائتمانات شراء إلا بواسطة المصارف التي لها وضع المصارف الفرنسية، ولم تقدم "كوفاس" التأمين إلا لمثل هذه المصارف. ومنذ شهر تشرين الثاني/نوفمبر ١٩٨٥، أصبح بوسع المستثمر أن يقدم طلبه إلى أي مصرف يختارة، سواء كان فرنسياً أم أجنبياً، للحصول على ائتمان شراء بأى عملة يرغبها، ويرخص لشركة كوفاس الآن أن تقدم التأمين للمؤسسات غير المقيمة.

وهذا لا يغير بالطبع شروط التأمين، لكنه يسمح بالاستفادة الكاملة من التنافس بين المصارف ويجعل من الممكن اختيار العملة التي تتيح أكبر ميزة اقتصادية.

وعلاوة على ذلك، فانه إذا كان المستثمر يرغب في اللجوء إلى سوق رأس المال مباشرة، فإنه يصدر قرضاً إجبارياً لتمويل مشترياته من المعدات الفرنسية : ويستفيد القرض من تأمين «كوفاس» الذي يسهل طرحه في السوق.

ومع ذلك، فإن أياً من هذه التحسينات في الائتمانات التي تنظم بموجب «التوافق» أو الاتفاقات القطاعية لا يكفي للتغلب على المشكلات التي يفرضها تمويل الاستثمار في محطات القوى النووية.

أولاً، لأن الجزء الذي يمول هو الجزء المهم في الاستثمار؛ بحيث ان كل ما يبقى هو الجزء المحلي من الاستثمار- وهو جزء كبيرجداً قد لا يكفي سوق رأس المال المحلي (أو موارد الميزانية في البلدان المستثمرة) لتغطيته.

كما أن عدداً من البلدان النامية قد وصلت إلى الحد الأقصى لقدرتها على الاقتراض، وبعضها غير قادر- في الوقت الحاضر فقط على أي حال - حتى على دفع فوائد الديون الخارجية.

وفي ظل هذه الظروف، تعزف شركات تأمين الائتمانات عن منح التأمين للمشاريع التي تبلغ تكلفتها آلاف الملايين من الدولارات، والتي تمتد فترتها لأكثر من ربع قرن تقريباً، بما في ذلك وقت التشييد. وفضلاً عن ذلك، فإن الحصول على تمويل إضافي من المصارف التجارية، بدون ضمان لتأمين الائتمان لا يلقى حماساً.

فهل سيؤدي تخفيف القيود المحددة في الاتفاق القطاعي إلى تحسين ملموس في الوضع أو يسهل بأي شكل تمويل بناء محطات القوى النووية ؟

- إذا أخذنا في الاعتبار أن أحد أصعب الأعباء هو المدفوعات الأولى التي تستحق في الوقت الذي لاتكون فيه محطة القوى قد بلغت كامل طاقتها ولا تكون الآثار الاقتصادية العامة نتيجة لزيادة كمية القوى المنتجة قد تجلت، فإن تمديد فترة الائتمان إلى أكثر من ١٥ سنة يكون هو أقل شئ مرضٍ، نظراً لأن عبء الفائدة التي يتعين سدادها مع القسط الأول يمثل الجزء الأساسي من العبء ولن يخففه تمديد فترة الائتمان، عند سداد القسط الثاني.

- إن اتباع جدول سداد طبقاً للمعادلة I+C = ثابت سيوفر حلاً لمشكلة المدفوعات الأولى؛ لكن التكلفة النهائية ستكون أعلى كثيراً نظراً لأن سدادها سيؤجل فقط إلى وقت لاحق.

- من الواضح أن أسعار الفائدة الخاصة التي تطبق على مشاريع محطات القوى النووية معوقة لمثل هذه المشاريع إذا قورنت بمحطات الوقود الأحفوري؛ وهذه العقبة لا يبدو انها تعوض عن طريق تمديد فترة الائتمان. ويمكن بسهولة حساب التكلفة الإضافية المترتبة عليها.

غير أنه حتى مع اعتبار أنه يمكن تحقيق تحسينات كبيرة في هذه الجوانب الثلاثة وهي : طول فترة الائتمان، وأسعار الفائدة، ونظام السداد، فان ذلك لن يحل مشكلة تمويل ما لا يموله ائتمان التصدير، ولا مشكلة حد مديونية البلد المقترض.

فما هي النتيجة التي نخلص إليها ؟ لاشك أن الطرق الحالية للتمويل المقترحة لبيع محطات القوى النووية غير مناسبة لتحقيق الغرض منها. وما هي إلا استقراء لعملية تطورت على مدى ٤٠ سنة للاستثمارات التي ليست هناك علاقة بين تكلفتها وتكلفة محطات القوى النووية.

وهذا يعني أنه يفضل توجيه البحوث نحو دراسة مختلف المجالات التي تربط إجراءات ائتمانات التصدير الحالية بصناديق المساعدة متعددة الأطراف وحلول من قبيل المشاريع المشتركة، والاتحادات، والاستثمارات الأجنبية، إلخ. ويكثر الحديث حالياً عن مفهوم «شَيِّدْ، وشغِّلْ، وانقلِ».

تخطيط الطاقة وتقييم التكنولوجيا في البلدان النامية بالاستعانة بنماذج - بيان توضيحي لنهج مصمم لأندونيسيا

م. كليمان، د. سيفرت، د. ويلد،
مركز البحوث النووية، جوليتش

(جمهورية ألمانيا الاتحادية)

تصديـــر

وضع نهج تخطيط الطاقة المقدم في هذه الورقة وتم تطبيقه في إطار مشروع تعاون في مجال البحث العلمى بين أندونيسيا وحكومة جمهورية ألمانيا الاتحادية هو مشروع :

"استراتيجيات الطاقة، واستراتيجيات البحث والتطوير
في مجال الطاقة، وتقييم التكنولوجيا في أندونيسيا"

وموضوع مشروع البحث التعاوني هذا هو تقدير الطلب المتوسط الأجل وطويل الأجل على الطاقة، وتقييم دور تكنولوجيات الطاقة المتنافسة والعناصر الحاملة للطاقة في سوق الطاقة بأندونيسيا. ونتيجة للمشروع ستصاغ استراتيجيات لسياسة الطاقة، أي توصيات لخيارات التكنولوجيات المفيدة في المستقبل، ولأنشطة البحث والتطوير. وستكون نتائج المشروع النهائية جاهزة في نهاية عام ١٩٨٧.

وقد طبقت في هذه الدراسة منهجية وأدوات استحدثت للاستخدام في المشروع. ونوقشت جوانب خاصة لتخطيط الطاقة في أندونيسيا. وبالنظر إلى موضوع هذا المؤتمر، أولي بعض الاهتمام *للقوى النووية* وبياناتها ونمذجتها التى تمثل تكنولوجيا جديدة في أندونيسيا، لكن تحليل القطاع النووي ما هو إلا جانب واحد من الهدف الشامل العام للدراسة التي تغطي جميع قطاعات الطلب والإمداد لكل أندونيسيا.

والطرفان المتعاقدان في المشروع هما وكالة تقييم التكنولوجيا وتطبيقها في أندونيسيا (BPPT)، ومركز البحوث النووية بجمهورية ألمانيا الاتحادية (KFA). وتشترك من الجانب الأندونيسى وكالة الطاقة النووية (BATAN)، ووزارة الطاقة DJS وMIGAS والشركات والمرافق الحكومية PERTAMINA و PLN و PTB و LEMIGAS

فهرس المحتويـــات

١. مقدمـــة

١-١ عمليــة تخطيط الطاقــة

إن اقتصاد الطاقة هو نظام يتسم بالتعقيد وعدم اليقين. ولتخطيط وضع نظام بهذا الشكل في المستقبل، لابد من دراسةسلوكه.

وإلى جانب التقنية التى تصف الموارد المتاحة وتكنولوجيات الطاقة التى تدرج، لابد من توفير عدة بارامترات ومتغيرات رئيسية تحدد نظام الطاقة.

وهناك معلومات، من قبيل تأثير تنمية أحد القطاعات على القطاعات الأخرى أو أرقام استهلاك الوقود في القطاعات، يمكن استخلاصبها من البيانات التاريخية. وللتوصل إلى بيانات مناظرة بشأن السلوك في المستقبل، يتعين وضع افتراضات تراعى فيها المتغيرات الهيكلية المتوقعة. ويلزم وضع تقديرات لأسعار الزيت والغاز في المستقبل، ونمو السكان، وتطور الناتج المحلي الإجمالي، إلخ. ويمكن جمع مجموعات تتكون من هذه المعلومات تمثل، على سبيل المثال، حالة "ازدهار"، وحالة "تأمين"، وحالة "تنمية منخفضة"، وبذلك يحدد ما يسمى سيناريوهات.

وبعد صياغة سيناريو عملي وتحديد طلباته من الطاقة، تكون الخطوة التالية هي إيجاد أفضل وضع لنظام الطاقة في ظل ظروف السيناريو. وتكرار هذه العملية للسيناريوهات البديلة يؤدي إلى رسم مسارات قوية لمستقبل اقتصاد الطاقة تبعاً للأهداف المطلوبة، على سبيل المثال تحقيق التكلفة الدنيا.

١-٢ نظــام الطاقــة

الشبكــة

يوضح الشكل ١ الشبكة المجمعة لعناصر نظام الطاقة. والعناصر التي شملتها الدراسة المتكاملة هي حوامل الطاقة الأحفورية، وحوامل الطاقة المتجددة، وحوامل الطاقة النووية، وجميع عناصر سلسلة تحويل الطاقة إبتداء من الطاقة الأولية حتى الطاقة النافعة. ويجري تحويل الطاقة الأولية بتكنولوجيات تحويل مختلفة (منها معامل التكرير، ومحطات القوى، ومحطات معالجة الغاز والفحم، وغيرها) في خطوة واحدة أو أكثر إلى طاقة نهائية. وتستخدم تكنولوجيات الاستعمال النهائي (مثل أفران الطبخ، والأجهزة الكهربائية، ووسائل النقل، والأفران والغلايات الصناعية) في تحويل الطاقة النهائية إلى طاقة نافعة، لإعطاء قوة محركة أو حرارة أو ضوء. وهناك تفاعل معقد بين عناصر نظام الطاقة الضخم هذا.

الأقاليـــم

يتعين في حالة أندونيسيا مراعاة التركيب الجغرافي للبلد الذى يتكون من بضعة آلاف من الجزر مع تباين شديد في توزيع الموارد والاستهلاك، واختلاف حالة التنمية. و يمثل الشكل ٢ خريطة لأندونيسيا تقترح تقسيمها إلى أربع مناطق في نظام الطاقة هي جاوه، وكليمنتان، وسوماطرة، والجزر الأخرى.

وهناك بصورة أساسية نظام طاقة فرعي منفصل واحد لكل منطقة. ونظم الطاقة الفرعية في الأقاليم الأربعة متصلة بتدفقات طاقية بين الأقاليم، تشكل بواسطة تكنولوجيات النقل، من قبيل خطوط الأنابيب، وناقلات الزيت، والسفن، وخطوط الفلطية العالية.

الجوانـب المتعلقـة بالزمـن

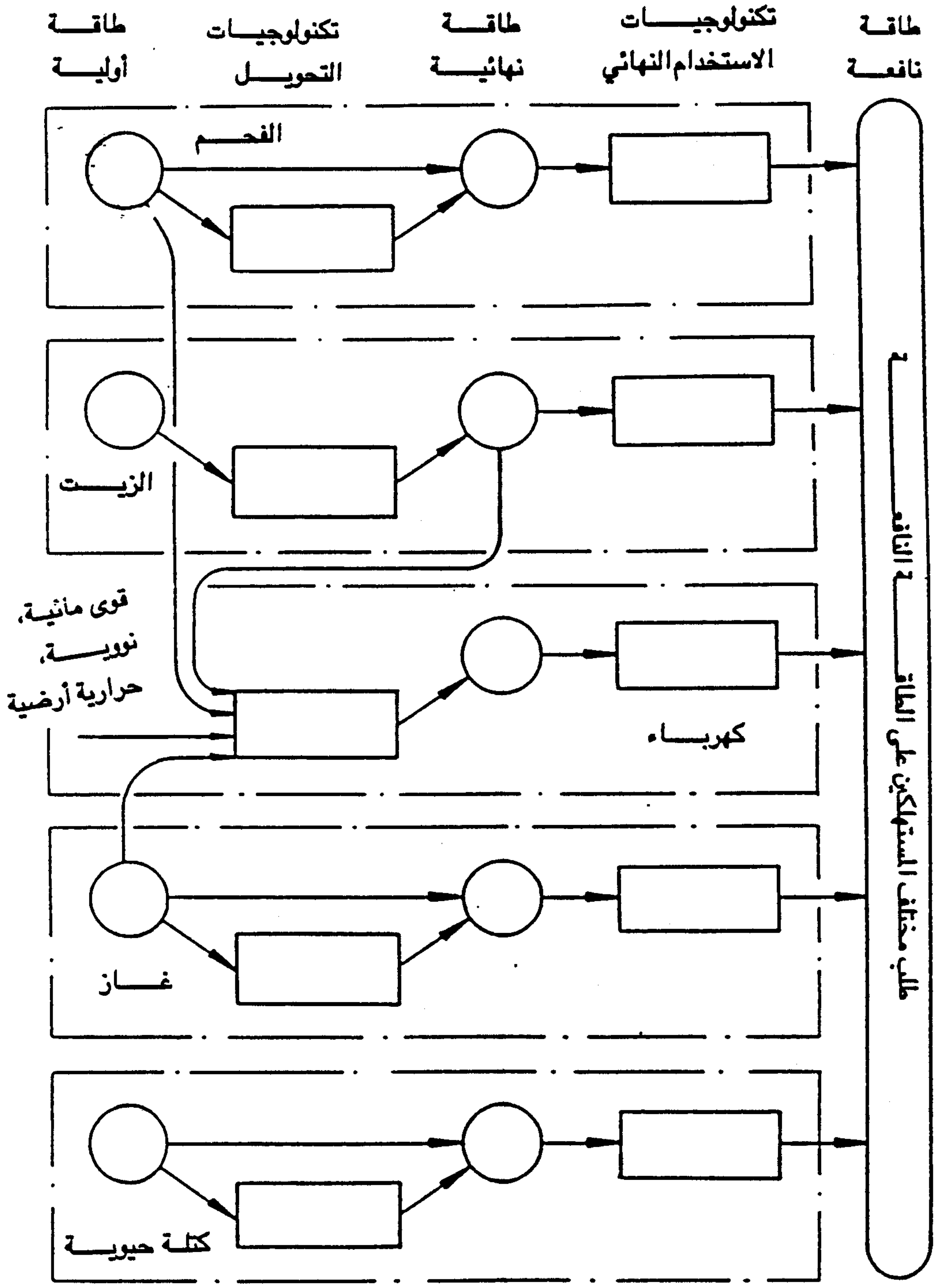
ينشأ تعقيد نظام الطاقة أيضاً من اختلاف تركيبه في مختلف الأزمان. ودراسة التطورات متوسطة الأجل وطويلة الأجل في اقتصاد الطاقة تعني تحليل النظم المتغيرة خلال فترات زمنية مختلفة : فيمكن إعادة بناء الطاقات المستنفذة؛ وقد يكون استخدام تكنولوجيات بديلة أكثر فائدة، وقد تصبح تكنولوجيات جديدة تتاح في نقطة زمنية لاحقة قادرة على المنافسة.

تفـــاعلات أخرى

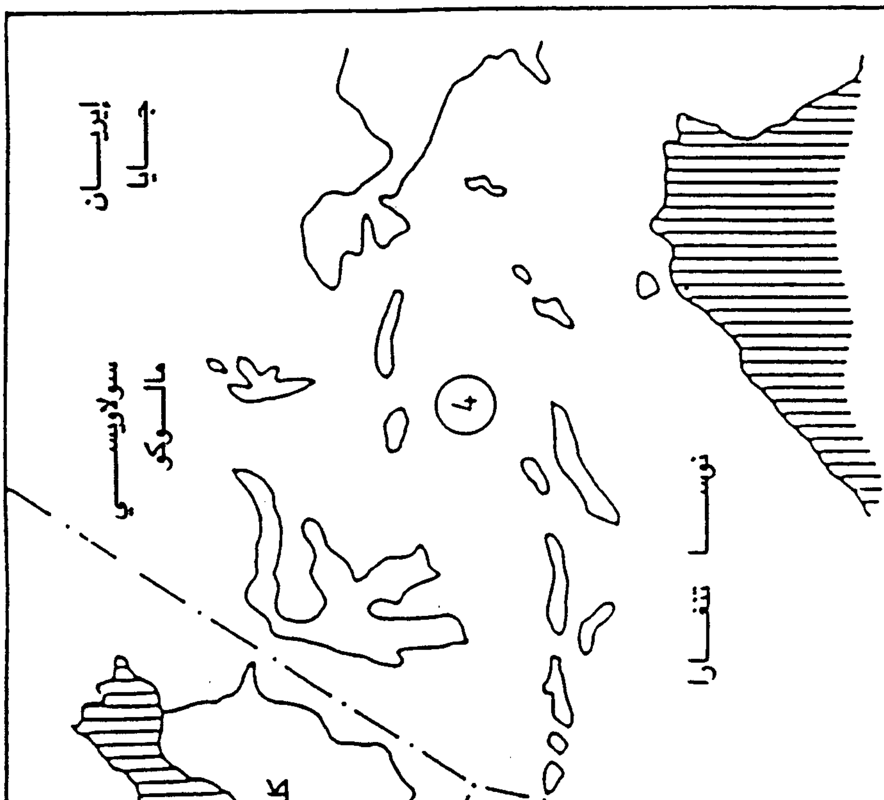
إلى جانب العلاقات القطاعية والاقليمية والزمنية داخل نظام الطاقة، توجد تفاعلات مع المجالات المتنوعة للاقتصاد التى تسبب تعقيدات إضافية لتخطيط الطاقة : يمكن النظر للطاقة كسلعة باهظة الثمن ونادرة وكسلعة مربحة في حالة التصدير؛ وتتطلب تكنولوجيات الطاقة استثمارات كثيفة الاستخدام لرأس المال، تصاحب نمو الاقتصاد زيادة في الطلب على الطاقة. وهناك تغذية ارتجاعية من تطورات أسعار الزيت في السوق العالمية للاقتصاد وقطاع الطاقة. ويتعين أن يأخذ تخطيط الطاقة في الاعتبار هذه التأثيرات المعروفة باسم تفاعلات الطاقة والاقتصاد، وكذلك الجوانب الاجتماعية والسياسية والبيئية.

١-٣النمـــــاذج

يجرى التحليل الذي يرمي إلى إيجاد حلول لمشكلات بحوث الطاقة المعقدة باستخدام النماذج بصورة أساسية. وهناك النماذج العقلية التي تقوم على طريقة لتفسير وتطبيق أفكار وافتراضات موجودة في عقل المخطط. ومن ناحية أخرى توجد نماذج شكلية أو رياضية حيث تعبر المعادلات أو القيود عن الخصائص البارزة لنظام الطاقة، التى تشمل أيضاً وجهة نظر المخطط. وتجدر الإشارة إلى أن النمذجة العقلية، أي الجزء المبدع والخلاق في حل المشكلات، لا يمكن أن تحل محلها أية طريقة شكلية. والواقع أن النموذج الرياضي يكمل ويؤكد ويساعد في إظهار الأفكار التي تبلورت على أساس النموذج العقلي. ويجب أن يطبق النموذج الرياضي طريقة واحدة



الشكل ١. شبكـــة نظـــام الطاقـــة



الشكل ٢. أندونيسيا - مناطق تخطيط الطاقة

للوصول إلى حلول شفافة ومتسقة وكاملة يمكن تكرارها بسهولة لأي مشكلة بعينها.

وهناك ثلاثة نماذج طبقت في تحليل استراتيجيات الطاقة في أندونيسيا :

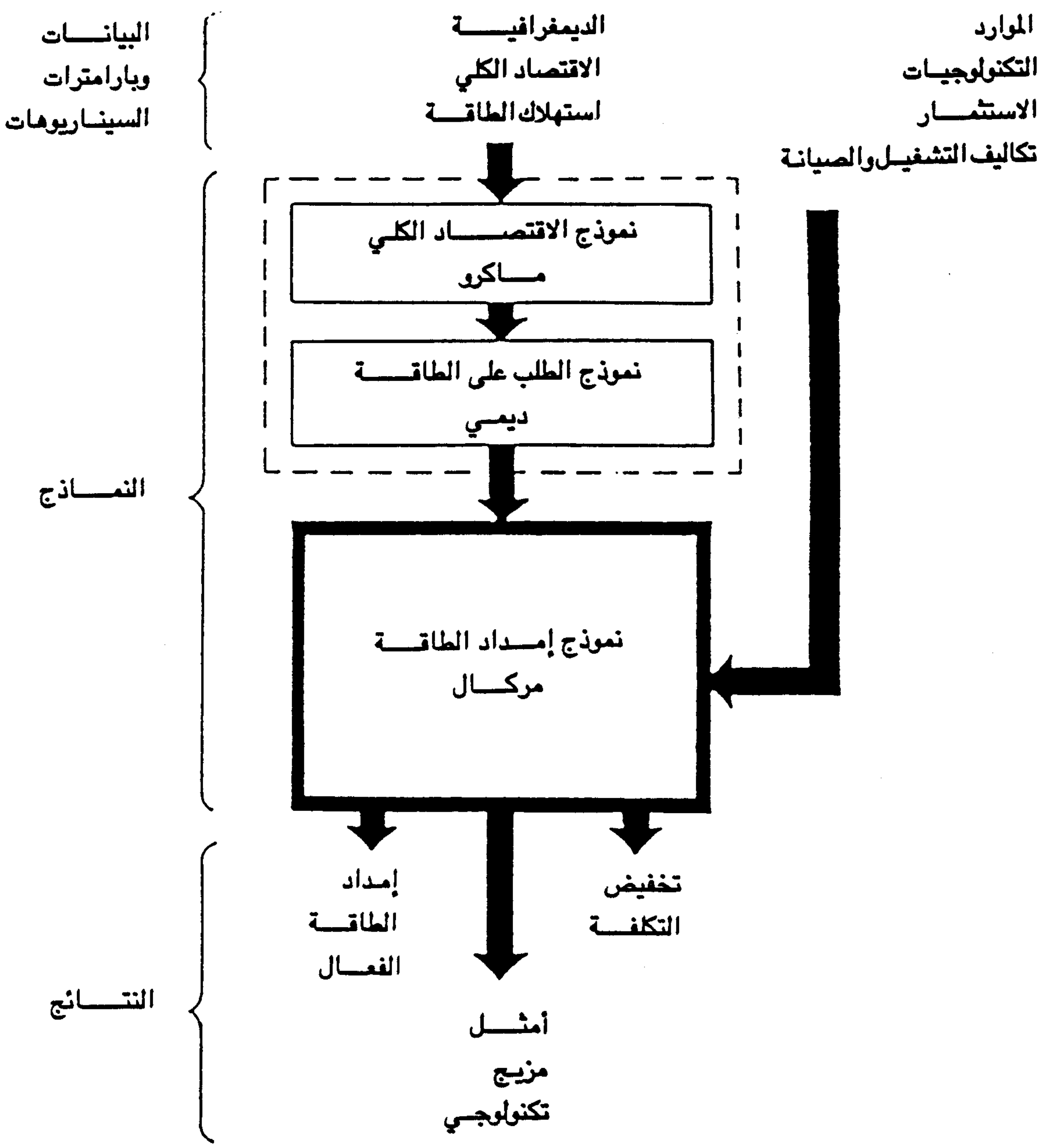
- نموذج ماكرو (MACRO)، أي نموذج الاقتصاد الكلي الذى يتضمن البارامترات الاقتصادية،

- نموذج ديمي (DEMI)، أي نموذج الطلب على الطاقة،

- نموذج مركال (MARKAL)، أي نموذج إمداد الطاقة الأمثل

ويوضح الشكل ٣ مخطط التتابع الأساسي للعمليات. وتشرح الفصول ٢ . ٣ . ٤ هذه النماذج بتفصيل أكبر.

نماذج الحاسب الإلكتروني المستخدمة



الشكل ٣. مخطط التتابع الأساسي للعمليات

٢. النمـوذج الاقتصــادي

إن نموذج المدخلات - المخرجات "ماكرو" يوفر سيناريوهات للتنمية الاقتصادية.

ويختلف "ماكرو" عن نموذج المدخلات - المخرجات التقليدي في ناحيتين :

* الواردات متغير داخلي. ويتحقق ذلك عن طريق تطبيق نسب الطلب على الواردات. وتدل نسب الطلب على الواردات في قطاع ما على مقدار ما استورده القطاع لكل وحدة إنتاجية للسوق المحلية.
ويمكّن هذا النهج من مراعاة سياسات إحلال الواردات وله ميزة أخرى هى أن معاملات المدخلات - المخرجات لا تظل ثابتة ولكنها تتغير مع الواردات.

* في النموذج التقليدي للمدخلات - المخرجات، يفترض أن جميع الأسعار النسبية ثابتة. لكن في "ماكرو" يراعى اختلاف الأسعار النسبية فيما يتعلق بصادرات الزيت والغاز الطبيعي المسيّل ومنتجات تقطير النفط. وقد كانت هذه الصادرات هي القوة الدافعة للتنمية الاقتصادية طوال العقد الأخير، وما من شك في أنها ستظل ذات أهمية قصوى في المستقبل.

ويمكن وضع سيناريوهات للتنمية الاقتصادية على أساس تحديد ما يلي :

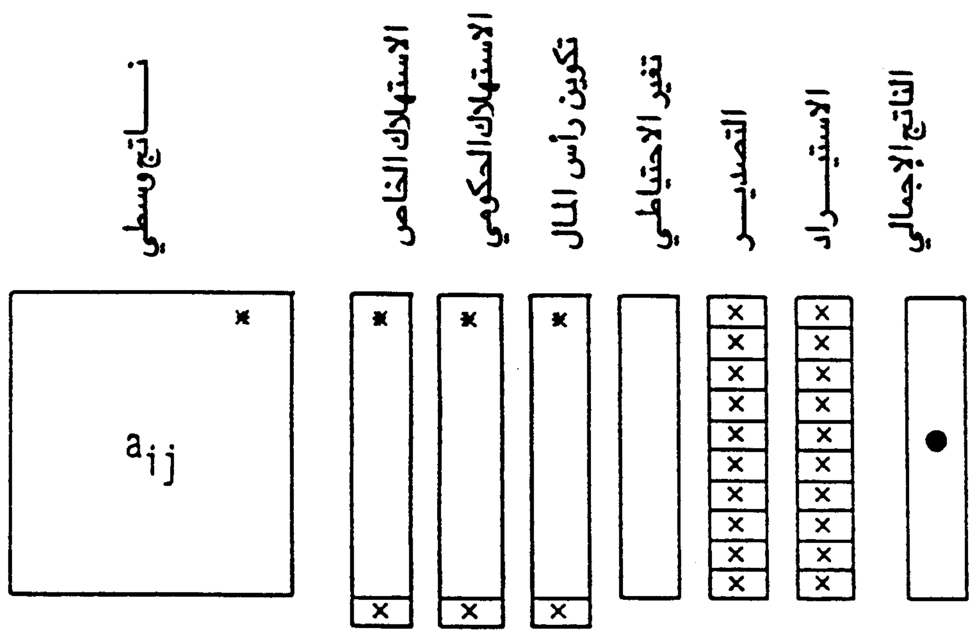
- سعر تصدير الزيت (ترتبط أسعار تصدير الغاز الطبيعي المسيّل ومنتجات تقطير النفط ارتباطاً وثيقاً بأسعار تصدير الزيت).
- تطور كميات الصادرات تبعاً للقطاعات.
- تطور نسب الطلب على الواردات بالنسبة للقطاعات.

ويمكن عمل سيناريوهات أخرى عن طريق تحديد معدلات نمو إجمالي الاستهلاك الخاص، وإجمالي الاستهلاك الحكومي، وإجمالي الاستثمارات. وقد قدم هذا الخيار للتمكين من مراعاة الاسقاطات التي أجرتها المؤسسات الأندونيسية الأخرى. وفي حالة عدم استخدام هذا الخيار، فإن نموذج "ماكرو" يتنبأ بالقيم الإجمالية عن طريق استكمال دوال التراجع في المستقبل بالاستقراء.

ويتنبأ نموذج "ماكرو" بالناتج - الوارد الإجمالي، وناتج ال٢١ قطاعاً. ومن ثم يصنف الناتج الإجمالي لبعض القطاعات إلى الناتج حسب فئات المنتجات. ويصنف الناتج الإجمالي لكل القطاعات إلى الناتج حسب المناطق الجغرافية.

نموذج مـــاكرو للمدخـــلات / المخرجـــات

يطبق لأول مرة لتخطيط الطاقة في أندونسيسا



تجمع ٢١ قطاعاً صناعياً

افتراضات السيناريو. لم يؤخذ التغير في الاحتياطي في الاعتبار ×

النتيجة، النـــاتج ●

معاملات قطاعية *

سلسلة زمنية للإنتاج في ٢١ قطاعاً صناعياً .1 النـــاتج

النـــاتج – الوارد الإجمالي .2

سبب الاستخــــــدام
1. القوى المحركـــــة ← نموذج ديمــــي
2. صورة متسقـــة للتنمية الاقتصاديـــــة

الشكل ٤

٣. نمـوذج حساب الطلب على الطاقـة

للحصول على السلاسل الزمنية للطلب على الطاقة كقوة دافعة لنموذج ماركال، استحدث نموذج حساب الطلب "ديمي"(١). وقد وضعت سيناريوهات للطلب في المستقبل تبعاً لمحددات متنوعة. وأهم هذه المحددات هى النمط التاريخي لاستهلاك الطاقة، ومعدل نمو السكان في المستقبل، ومعدل النمو في الأنشطة الاقتصادية في المستقبل.

ويوضح الشكل ٥ مجموعة نموذج حساب الطلب على الطاقة، وتتكون من "ماكرو" و "ديمي"، والنموذج الفرعي "أناليز" (نموذج تحليل البيانات) الذى يحسب الكثافات التاريخية للطاقة.

ويتكون نموذج "ديمي" من أربع وحدات : ريزيدRESID و"تراف".TRAFF، وأيك AIC ، و"غوفيرن"GOVERN . ويحسب ريزيد الطلب على الطاقة في المنازل، ويحسب تراف الطلب عى الطاقة لوسائل النقل، ويحسب أيك الطلب على الطاقة لدى المستهلكين الزراعيين والصناعيين والتجاريين، ويحسب غوفيرن طلب القطاع العام على الطاقة.

أ) "ريزيـد"

يقدر "ريزيد" الطلب على الطاقة في المنازل الحضرية والريفية تبعاً للمناطق الجغرافية.

ويحدد التطور الديمغرافي، وتطور الناتج - الوارد الإجمالي للفرد لكل منطقة (فرعية) وكذلك - بالنسبة للطلب على الكهرباء - معدل الربط بشبكة الكهرباء أربع فئات للطلب باستخدام دول متنوعة للطلب :

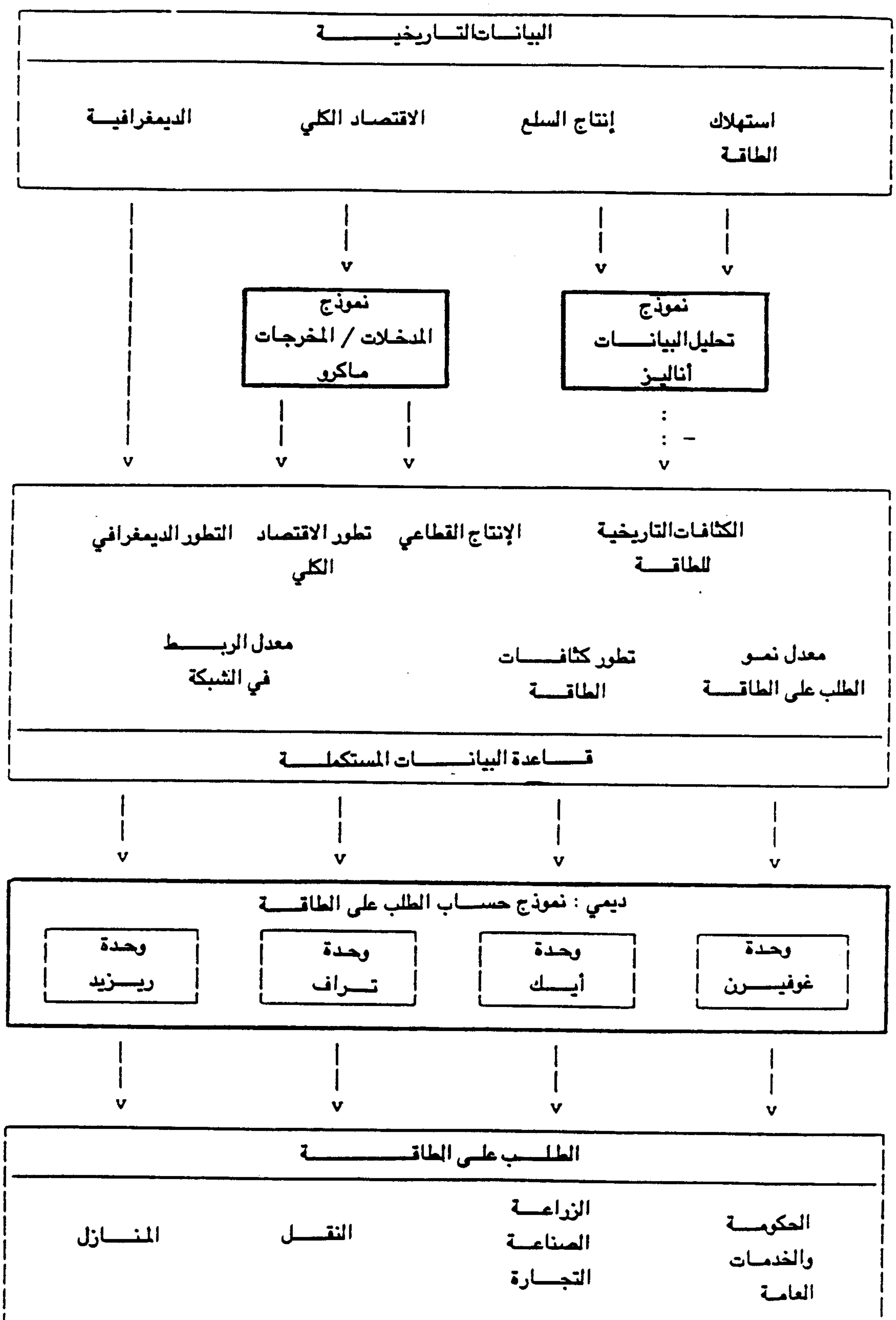
- الطلب على الكهرباء النهائية لأغراض الإضاءة
- الطلب على الكيروسين النهائي لأغراض الإضاءة
- الطلب على الكهرباء النهائية لأغراض خلاف الإضاءة
- الطلب على الطاقة النافعة لأغراض الطبخ.

وبالنسبة للفئة الأخيرة من الطلب لا يجرى التمييز بين المناطق الحضرية والريفية لعدم وجود اختلاف على ما يبدو (فيما يتعلق بالطاقة *النافعة*) في طريقة تحضير الأطعمة.

---

(١) "ديمي" (DEMI) = نموذج الطلب على الطاقة في أندونيسيا.

استراتيجيات الطاقة – استراتيجيات البحث والتطوير في مجال الطاقة
تقييم التكنولوجيا في أندونيسيا



الشكل ٥

ب) "تـراف"

يمكن تقسيم السلسلة الزمنية لطلب قطاع النقل الاقليمي على الطاقة في نموذج حساب الطلب "ديمي" إلى فئتين:

- الطلب على الطاقة *النافعة* (من حيث عدد المركبات)
- الطلب على الطاقة *النهائية* (بوحدات بيتاجول)

وتدرس ثلاث سلاسل زمنية للطلب بالنسبة للفئة الأولى :

- عدد سيارات الركوب، مسافات قصيرة
- عدد سيارات الركوب، مسافات طويلة
- عدد عربات النقل والحاملات الصغيرة

وتحسب هذه الطلبات الثلاثة بأعداد العربات لأغراض الحصول لوحدة "ماركال" على السلاسل الزمنية للطلب على الطاقة النافعة. والسبب في ذلك أنه يبدو هنا وجود إمكانية للإحلال (على سبيل المثال إحلال زيت الديزل محل البنزين)، بينما في حالة عربات النقل والحافلات الكبيرة لا يبدو وجود احتمال للإحلال الاقتصادى. وفي حالة القطاعات الفرعية المتمثلة في السكك الحديدية والنقل الجوي والسفن، لا تدرس أيضاً احتمالات الإحلال.

و تتكون فئة الطلبات الثانية من أربعة طلبات على الطاقة *النهائية* المحسوبة بصورة مستقلة بوحدات البيتاجول:

- وسائل النقل البري الأخرى (الحافلات وعربات النقل الكبيرة)
- السكك الحديدية
- النقل الجوي
- السفن

وتجمع هذه الطلبات في مزيج نهائي واحد للطلب لنموذج مركال.

ج) أيـــك

تحسب وحدة أيك في النموذج ديمي الطلبات *الاقليمية* على الطاقة لقطاع الزراعة، والصناعة (٤٩ قطاعاً فرعياً) وقطاع التجارة.

ونحصل على فئات الطلبات التالية بتجميع الطلبات المحسوبة بصورة مستقلة :

- الزراعة والصناعات الأخرى (A)

(١) آلات كهربائية (طاقة نهائية)
(٢) حرارة مباشرة (طاقة نافعة)
(٣) حرارة غير مباشرة (طاقة نافعة)
(٤) طاقة غير قابلة للإحلال (طاقة نهائية)

- الصناعة (I) (طاقة نهائية)

(٥) صناعات معدنية أساسية
(٦) صناعات الأسمدة
(٧) الأسمنت
(٨) تعدين في مجالات غير الطاقة
(٩) حرارة عمليات مباشرة
(١٠) حرارة عمليات غير مباشرة

- التجارة (C)

(١١) آلات كهربائية (طاقة نهائية)
(١٢) حرارة غير مباشرة (طاقة نافعة)

وتدرس في نموذج الاقتصاد الكلي "ماكرو" التغيرات الهيكلية في الاقتصاد. ويعبر عن التغيرات التكنولوجية والتغيرات في إدارة الطاقة في تحسين كثافات الطاقة عبر الزمن، التي ينبغي للمستعمل أن يطبقها.

د) غوفيـــرن

تعين هذه الوحدة في النموذج ديمي الطلبات الحكومية على الطاقة (النهائية) باتباع نهج مبسط باستخدام معدلات النمو.

وتحسب جميع طلبات الطاقة النهائية في النموذج ديمي تبعاً لنوع العنصر الحامل للطاقة.

٤. نمـوذج الإمـداد الأمثل

٤-١ مهمـة تحقيـق الإمـداد الأمثل

يلزم بالنسبة للسلاسل الزمنية المحسوبة للطلبات القطاعية / الاقليمية على الطاقة بناء على الأهداف المطلوبة، تعيين المزيج الأمثل لتكنولوجيات التحويل والاستعمال النهائي أو الطلب، وكذلك استخدام الموارد. وفى الفصل الأول، أشير إلى تعقيد هذه المهمة، وإلى تطبيق أسلوب مركال لتحقيق الحد الأمثل في الدراسة الخاصة بأندونيسيا.

٤-٢ تطبيـــق نموذج مركـــال

يقوم النهج التخطيطي لنموذج مركال على البرمجة الخطية أو أسلوب تحقيق الحد الأمثل، أي أن العلاقات الخطية – القيود والتباينات – تصاغ بحيث تحدد الحلول الممكنة لتخطيط نظام الطاقة؛ وتستخدم طريقة لتحقيق الحد الأمثل لحساب الحل الأمثل رهناً بتحديد وظيفة موضوعية.

و مركال هو بصورة أساسية برنامج ييسر تحديد مشكلة البرمجة الخطية، أي تحديد كل من المتغيرات والقيود وحساب المعاملات والجوانب اليمينية. ويعزز مركال تنفيذ أساليب تحقيق الحد الأمثل، ويساعد في المعالجة اللاحقة للنتائج المثلى عن طريق توفير المعلومات بمعايير تقديم ومستويات تجميع عديدة، سواء في صورة جداول أو رسوم بيانية.

وفي التطبيق العملي يتعين على المستعمل أن يصمم شبكة تمثل نظام الطاقة كما هو مبين بالنسبة لشبكة جاوه الفرعية (الشكل ٦). وتتشكل الشبكة باستخدام تكنولوجيات الإنتاج أو الموارد، وتكنولوجيات التحويل والاستعمال النهائي، والطلبات المحسوبة للطاقة في قطاعات مفردة. وترتبط هذه العناصر بأسهم تشير إلى تدفقات الطاقة في مختلف أشكالها.

ويمكن اعتبار عمل النموذج عكس اتجاه الأسهم : فالطلب يفرض تركيب وتشغيل تكنولوجيا أو أكثر من تكنولوجيات الطلب، وتسبب تكنولوجيات الطلب أنشطة للموارد أو لقطاع التحويل. وللحصول على حل عملي، لابد أن يكون هناك على الأقل مسار كاف واحد بين كل طلب وبين المصادر، وكلما زاد عدد المسارات الموجودة كلما كانت هناك درجات حرية أكبر لتعيين حل أمثل.

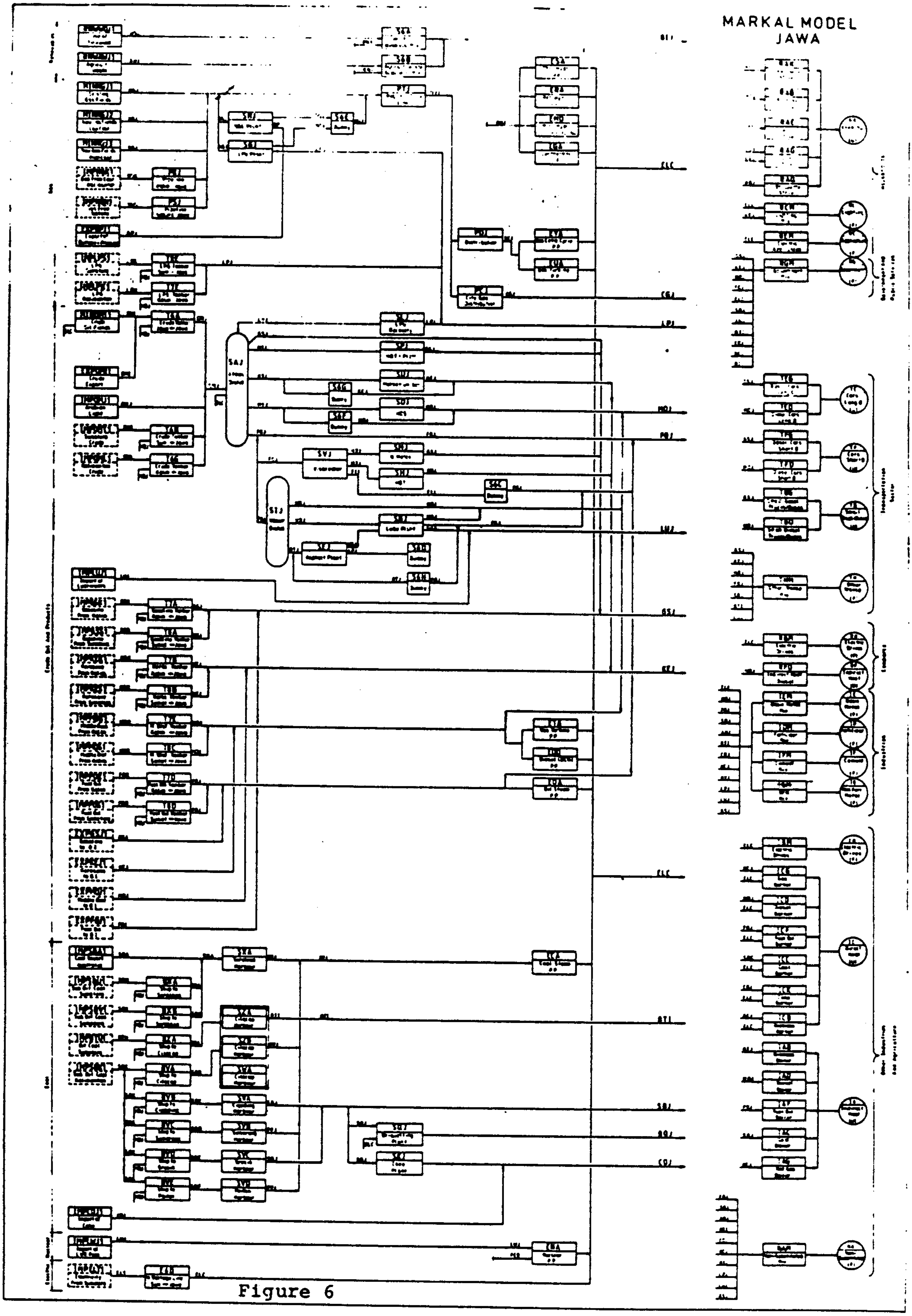


Figure 6

٤-٣ المدخلات البيانيـة في نموذج مركـال

المدخلات الرئيسية هي :

* الطلب المحسوب للمستقبل على الطاقة النهائية أو النافعة،
* البيانات التقنية والاقتصادية عن التكنولوجيا، على سبيل المثال : الوقود الداخل، الوقود الناتج، الكفاءة،
* تكلفة الاستثمار، تكلفة التشغيل والصيانة، مدى العمر، الإتاحية،
* البيانات التقنية والاقتصادية عن الموارد، على سبيل المثال : الإتاحية، تكلفة الإنتاج النوعي، بارامترات عامة من قبيل عامل الخصم، وعدد الفترات الزمنية المعنية، وطول الفترات، وعامل احتياطي قطاع الطاقة، إلخ.

ويبين قطاعا المعلومات في الشكل ٧ : وفي قسم المصطلحات Dictionary تعطى للفئات رموز ترافقها عناصر نظام الطاقة وأشكال الطاقة، وبذلك تصنف العناصر تبعاً لموقعها، وقدرة إدارة الحمل، ومعايير التقرير،إلخ. وفي قسم البيانات (Data)، تبين مدخلات التكنولوجيا، ومخرجات العناصر الحاملة للطاقة وكذلك النسبة بين المدخلات والمخرجات (INPLWJ؛ كم طن وقود لكل بيتاجول كهرباء)، والاستثمار (INVCOST)، وتكاليف التشغيل الثابتة (FIXOM) والمتغيرة (VAROM)، ومدى العمر (LIFE)،إلخ.

٤-٤ خصـائص تحليـل نموذج مركـال

السمات الرئيسية لنموذج مركال هي :

- أنه نموذج للإمداد بالطاقة
- البرمجة الخطية
- التحليل متعدد الفترات
- تحقيق الحد الأمثل متعدد الأغراض
- يعتمد تنفيذه على قيم الطلب

وفى دراسة المدى المتوسط، لابد من استخدام كمية كبيرة من البيانات غير المؤكدة. ومن أمثلة هذه البيانات سعر الخصم المطبق، وتكاليف توسيع وصيانة الشبكة الكهربائية. وتتيح دراسات الحساسية تعيين تأثير البيانات عن طريق حساب الحلول بالنسبة لمختلف أسعار الخصم، والتكاليف، إلخ.

ويوفر مركال وظائف موضوعية متعددة : وتكتسب وظيفة تحقيق "أدنى تكلفة مخصومة"، ووظيفة تحقيق "أدنى استخدام محلي للزيت" أهمية خاصة؛ والجمع الخطي لهذه الوظائف يعزز دراسة تبادلية التكلفة الدنيا/ الاستخدام الأدنى للزيت، التى يتعين أن ينظر إليها الآن كواحدة من أهم المسائل فى تخطيط الطاقة.

```
*************************************************************************
*                                                                       *
    DICTIONARY
*
       CLASS ENU NUCLEAR ENERGY CARRIERS
             LWJ LWJ LWR FUEL   (JAW) OGO
*
       CLASS ELE POWER PLANT TECHNOLOGIES
             ENA ENA NUCLEAR POWER PLANT  (JAW)
             ECA ECA WEST J.COAL STEAM P.P(JAW)
             EEA EEA EAST J.COAL STEAM P.P(JAW)
             EYA EYA GAS COMB. CYCLE P.P. (JAW)
             ETA ETA DIESEL GAS TURBINE   (JAW)
             EDD EDD DIESEL P.P.  (DCN)   (JAW)
             ETD ETD FIELD GAS TURBINE    (JAW)
             EOA EOA OIL STEAM POWER PLANT(JAW)
             ESA ESA EXST.STOR.HYDRO, WEST(JAW)
              .
              .
*
       CLASS T NUMBER OF TIME PERIODS
             1
             2
             3
             .
             .
*
       CLASS YEAR CENTRE YEAR OF TIME PERIODS
             1986
             1991
             1996
              .
              .
    DATA
*
*************************************************************************
*                                                                       *
*     ENA : JAWA NUCLEAR POWER PLANT                                    *
*                                                                       *
*************************************************************************
*
       TABLE CONENA
*
              TID   1      2      3      4      5      6        Q
    INPLWJ                        1.1129 1.1129 1.1129 1.1129   6
    INPFEQ                        2.7225               2.7225   6
*
       TABLE TCHENA
*
              TID   1      2      3      4      5      6        Q
    CAPUNIT 31.536                                              6
    START    3.0                                                6
    LIFE     5.0                                                6
    INVCOST                       2313.5 2313.5 2313.5 2313.5   6
    FIXOM                         13.613               13.613   6
    AF                            0.7000               0.7000   6
    BOUNDUP                       0.7640 0.9550                 6
*
*************************************************************************
```

Figure 7

٥ . خصائـــص البيانــات التكنولوجيــة

٥-١ وصـــف التكنولوجيـــا

تنشأ عدة أسئلة عند تحديد قاعدة بيانات النموذج : لأي حجم وحدة ينبغي استخلاص بيانات للنموذج لدراسة تنافس التكنولوجيات في السوق على أفضل وجه ؟ ما هي تكاليف البنية الأساسية أو تكاليف المتابعة التي يجب إدراجها في بيانات التكلفة في النموذج ؟ ما هي البيانات التي ينبغي اختيارها من بين النطاقات المعطاة أو البيانات المتناقضة الموجودة في مختلف المصادر ؟ وتقدم الأجزاء التالية الردود المتضمنة في دراسة حالة أندونسيا.

٥-٢ حجـم الوحـدة

عند دراسة تنافس التكنولوجيات في السوق، تكون التكنولوجيات ذات الحجم الكبير أقدر على المنافسة. وهذا الأثر الحجمي الذي ينشأ من زيادة الكفاءة وانخفاض تكلفة الاستثمار لكل وحدة طاقة أمر معروف ولا يتطلب مزيداً من التعليق هنا. وفي هذه الدراسة، تمثل كل تكنولوجيا مرة واحدة في قاعدة البيانات. والبيانات التي تميز التكنولوجيا هي البيانات المتعلقة بحجم المنشأة أو المحطة النموذجية؛ ويعتمد حجم المحطة المختار بصورة رئيسية على نوع التكنولوجيا ودورها في نظام الطاقة.

فمحطة القوى النووية على سبيل المثال ستعمل عادة كوحدة حمل أساسي وتتطلب قدراً كبيراً من التدابير المتعلقة بالبنية الأساسية؛ ويجب ألا تصبح جزءاً من الشبكة الكهربائية إلا عندما تسمح إدارة الحمل بإقامة وحدة قدرتها نحو ١٠٠٠ ميغاوات. أما المولدات التي تعمل بالديزل، فإنها تخدم من الناحية الأخرى في توفير الإمداد بالكهرباء للمناطق النائية، ولذلك ينبغي أن تمثل بوحدات قدرة كل منها ٥ إلى ١٠ ميغاوات كحد أقصى (تم في الدراسة اختيار حجم متوسط قدره ٠,٢٧ ميغاوات في المحطات التي أنشئت في الماضي، سواء للمولدات المركزية أو اللامركزية) وفي حالة محطات القدرة التي تعمل بالفحم، يمكن التفكير في وحدات قدرتها ٢٠٠ ميغاوات، و٤٠٠ ميغاوات، و٦٠٠ ميغاوات، ووحدات أكبر من ذلك، وهنا يوصى بدراسة وحدات متوسطة الحجم، قدرة ٤٠٠ ميغاوات.

غير أنه في حالة محطات القدرة المائية، لا يهم اختيار حجم ممثل للمحطات : إذ لابد من دراسة مشاريع مفردة تختلف اختلافاً كبيراً في أحجامها وتكلفتها، من حيث قوتها التنافسية، وينبغي تنفيذ المشاريع إلى حد ما بترتيب محدد مسبقاً تبعاً لمتطلبات الإمداد المحلية أو تبعاً لخصائص الفيضانات، أو الري، أو استخدام عدة مشاريع مائية لمستجمع مياه مشترك. لذلك فإنه في حالة المحطات المائية تطبق طريقة أخرى : تحسب التكاليف، ودرجات الإتاحية كمتوسطات مرجحة لبيانات المحطات في المشاريع قيد الدراسة، والعامل المرجح هو إسهام قدرة المحطة المفردة في القدرة الإجمالية التي يمكن إقامتها خلال فترة زمنية محددة.

وبالطبع، يتعين التدقيق في تحليل النتائج التي تستند إلى اختيار هذه المحطات الممثلة من أجل إعداد المدخلات البيانية، والأسئلة التي ينبغي طرحها هي : هل سيتغير مزيج التكنولوجيا الناتج إذا استخلصت بيانات التكنولوجيا من محطة تختلف في حجمها ؟ وهل من المفيد بالنسبة لتشغيلها العملي أن تقام قدرات الأحجام المفترضة تبعاً لنفاذها في السوق، الناتج من التحليل ؟

ومشكلة أحجام المحطات التي نوقشت هنا باستخدام أمثلة من قطاع الكهرباء هي مشكلة عامة، أي أنه يجب بحثها بنفس الأسلوب الذي تبحث به أي تكنولوجيا أخرى أيضاً.

٥-٣ تخصيص التكاليف

وتتمثل مشكلة عامة أخرى في تعريف بيانات التكلفة. فعند تطبيق *التكنولوجيات النووية* على سبيل المثال، يمكن إقامة مفاعل بحوث، وينبغي أن تنشأ مؤسسات تعليمية وأقسام خاصة للرعاية الصحية أو المراقبة الإشعاعية، إلخ. وتؤخذ تكاليف هذه التدابير في الاعتبار إما عند تعيين تكاليف الاستثمار وتكاليف التشغيل والصيانة لهذه التكنولوجيا أو أنها لا تؤخذ في الاعتبار؛ ولا يمكن استخلاص نتيجة واحدة ما دام أي قرار لا يعكس وجهة نظر أيديولوجية أو سياسية معينة. وعموماً، فإن المشكلة هي كيفية تحديد التكاليف المرافقة لنظام الطاقة وفصلها عن التكاليف المخصصة للانفاق الحكومي أو لبقية الاقتصاد. وفي حالة الدراسة المتعلقة بأندونسيا، تحسب بيانات التكلفة بالاستناد إلى عناصر التكلفة التي تدرس"عادة" في تحاليل تكنولوجيات الطاقة. ولإتاحة الفرصة لمزيد من المناقشات فإن تخصيص التكاليف يوصف بالتفصيل في تقارير البيانات؛ وهكذا يمكن التوصل تدريجياً خطوة خطوة إلى الاتفاق على عناصر التكلفة الإجمالية المجمعة.

والطريقة المطبقة هنا والتي يستعان فيها بالحاسب الإلكتروني تسمح بتقييم افتراضات تكلفة بديلة بمجرد إدراج أو حذف عناصر التكلفة في حالة الرغبة في تحديد اقتصاد الطاقة وفصله عن بقية الاقتصاد بطريقة تختلف عن الطريقة المتبعة في الدراسة.

٦. بيانـــات القوى النوويـــة ونمذجتها

في دراسة تغطي المستقبل على الأمد المتوسط، تركز مناقشات الخبراء على وصف التكنولوجيات الجديدة. وفي الدراسة المتعلقة بأندونسيا، تمثل *محطة القوى النووية* مثل هذه التكنولوجيا المستقبلية؛ *والتكنولوجيا* النووية التي وقع عليها الاختيار هي مفاعل الماء الخفيف. وقد أتيح نطاق واسع من البيانات المميزة. ولدعم عملية اتخاذ القرار يوصف بالتفصيل أسلوب استخلاص بارامترات النموذج بالاستناد إلى عناصرها الأساسية. وكمثال، يوصف فيما يلي حساب *تكلفة الوقود النووي* ومعدل استهلاك الوقود.

٦-١ الوقود النـــــووي

فيما يتعلق بعناصر الوقود التي تشحن في المفاعل، ينبغي التمييز بين وضعين أساسيين – الشحن الأول لقلب المفاعل، ثم عمليات الشحن المتجددة التالية بعد فترات زمنية معينة. ويتركب القلب في البداية من ثلاث دفعات من عناصر الوقود بمستويات تخصيب تصل إلى ١.٨٪ و ٢.٤٪ و ٣.٠٪ على التوالي. وبعد نحو سنة واحدة، وسنتين، وثلاث سنوات من بدء التشغيل، تسحب الدفعات، أي أنه يستعاض عنها بعناصر وقود تسمى الشحنات الجديدة التي تكون مخصبة بمستوى ٣.٢٪. ومن ثم يستعاض عن كل شحنة جديدة بعد مرور نحو ثلاثة أعوام بشحنة جديدة أخرى. وبعد عدد من السنوات، نصل إلى حالة إتزان : عند كل عملية شحن جديدة، يتم استبدال ثلث عناصر الوقود.

٦-٢ افتراضـــات التزويد بالوقود في النمـــوذج

فيما يلي تطبق عمليات التبسيط التالية لدى حساب البارامترات ذات الأهمية.

– تسهم كل دفعة من الدفعات الثلاث المستخدمة في قلب المفاعل الأصلي بنسبة الثلث في إجمالي وزن القلب الأصلي.

– تأخذ عمليات الشحن الجديدة التالية في أي وقت أثناء مدى عمر المفاعل الوزن نفسه الذي يعادل ثلث إجمالي شحنة القلب في ظروف الاتزان.

– طول كل فترة زمنية (نحو سنة واحدة تبعاً لمعدل الاحتراق وعامل القدرة المتحقق) التي يتم بعدها عمليات إعادة الشحن هو طول واحد في أي وقت؛ فمثلاً، في حالة استبدال الدفعة المخصبة بنسبة ١.٨٪ بعد سنة واحدة من التشغيل، يتم، بناء على هذا الافتراض، استبدال الدفعة المخصبة بنسبة ٢.٤٪ / ٣.٠٪ بعد سنتين / ثلاث سنوات تليها عمليات إعادة شحن جديدة بعد كل سنة؛ وكل مجموعة عناصر وقود من نوع الشحنة الجديدة تبقى، بناء على هذا الافتراض، ثلاث سنوات في داخل قلب المفاعل (يحدد طول الفترة الزمنية التي تستخدم هنا على أساس ظروف استخدام النموذج؛ أنظر أدناه)

- يجب إهمال الظروف المختلفة إلى حد ما في الشحنات الجديدة الأخيرة - انخفاض الاستخدام الذي قد يؤدي إلى زيادة في رصيد المواد مقابل عناصر الوقود المستهلك، وانخفاض أزمنة التخلف بسبب التبكير في إخراج العناصر بالمقارنة بالشحنات الجديدة العادية في حالة الاتزان.

- كما تهمل أيضاً المفقودات في الوقود المرتبطة بعمليات التخصيب، والصناعة، إلخ، والتي تصل إجماليها إلى ١-٥,١٪.

٦-٣ البيانـــات المطلوبـــة في نموذج مركـــال

يتطلب نموذج مركال نسبة واحدة بين المدخلات والمخرجات صالحة لجميع سنوات مدى العمر (أو على الأقل لفترة زمنية واحدة)، ويتطلب بارامتراً يسمح بالحصول على تكلفة الوقود الداخل التي تخضع للنسبة (بينما في الواقع تبحث عناصر الوقود من مختلف النوعيات والتكاليف الموجودة في قلب المفاعل للاستخدام أثناء فترات زمنية مختلفة، وذلك خلال مرحلة التشغيل الأولية بصورة رئيسية).

٦-٤ نهـــج النمذجـــة

من أجل تكييف الظروف التي يمكن مواجهتها في الواقع (ولكن بعد تبسيطها بالافتراضات المبينة أعلاه) مع متطلبات النموذج " مركال "، تستخلص النسبة وتكلفة الوقود كلتاهما من الحالة عندما تحل شحنات جديدة محل شحنات سابقة، أي من حالة الاتزان؛ وتستبعد الاختلافات بين هذه الحالة والظروف الفعلية - المعبر عنها في التكلفة والمخصومة حتى اللحظة الزمنية التي يبدأ فيها تشغيل المحطة - عن طريق تصحيح تكلفة الاستثمار المحددة.

وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي أن يتضمن التصحيح أيضاً تكلفة تفكيك المحطة الذي يتم بعد توقف المحطة بعد عدد من السنوات.

٦ – ٥ . البيانات الأساسية المستخدمة

الوصف	الوحدة	البيان	المرجع
١– المفاعل (تم اختيار مفاعل الماء المضغوط)			
قدرة المفاعل	ميغاواط(كهربائى)	١٠٠٠	(٤٣)
كفاءة المحطة	٪	٣٣,٠	(٥٤)
عامل القدرة	٪	٧٠,٠	(٥٦)
مدى العمر التقنى	سنة	٢٥	(٤٣)
زمن الاحتراق	ميغاوات يوم / كغم وقود	٣٣,٠	(٥٤)
٢ – شحنة القلب الأولى			
إجمالي الموجودات (٣/٣)	طن	٧٩,٢٧٧	(أ)
التخصيب لكل دفعة (٣/١)	٪	٣,٠ / ٢,٤ / ١,٨	(٥٥)
٣ – تشغيل الاتزان			
الوزن لكل شحنة جديدة (٣/١) من القلب)	طن	٢٦,٢٩٠	(ب)
التخصيب لكل شحنة جديدة	٪	٣,٢	(٥٤)

ملحوظـات : (أ) ١٣٠٠ ميغاوات (٥٥) : ١٠٣,٠٦ طن إجمالي القلب، محطة بقدرة ١٠٠٠ ميغاوات
١٠٣,٠٦ * ١٠٠٠ / ١٣٠٠ = ٧٩,٢٧٧ طنا

(ب) ١٣٠٠ ميغوات (٥٥) : لكل شحنة جديدة (١ / ٣) ٣٤,١٧٧ طن.
محطة بقدرة ١٠٠٠ ميغاوات : ٣٤,١٧٧ * ١٠٠٠ / ١٣٠٠ = ٢٦,٢٩٠ طنا

الجدول ١ : بيانات تصميم / تشغيل محطة نوويــة

الوصـــــف	الوحـــدة	البيـــان	المرجـع
١- مشتريات الوقود / تكلفة التجهيز			
سعر مركز أكسيد اليورانيوم الأصفر (يو٣ أ٧)	دولار / ليرة	٢٥	(٥٤)
تكلفة وحدة أعمال الفصل (وأف: التحويل، التخصيب)	دولار / وأف	١٣٠	(٥٤)
تكلفة التصنيع والنقل	دولار / كغم وقود	٢٥٠	(٥٤)
تكلفة المادة التجهيز / التصريف	دولار / كغم وقود	١٦٠٠	(٥٤)
رصيد اليورانيوم، البلوتونيوم (١٠٪ من إعادة التجهيز التصريف)	دولار / كغم وقود	١٦٠	(٥٤)
٢ - متطلبات وأف عن التخصيب			
(محتوى المخلفات : ٢,٠٪ يو - ٢٣٥)			
٣,٢٪	وأف / كغم وقود	٤,٧٤٦	(٥٧)
٣,٪	وأف / كغم وقود	٤,٣٠٦	(٥٧)
٢,٤٪	وأف / كغم وقود	٣,٠١٨	(٥٧)
١,٨٪	وأف / كغم وقود	١,٧٩٧	(٥٧)
٣ - أزمان التنفيذ (قبل شحن الوقود)			
مشتريات مركز أكسيد اليورانيوم الأصفر	سنة	٢,٠	(٥٤)
التحويل، التخصيب	سنة	١,٠	(٥٤)
التصنيع، النقل	سنة	١,٠	(٥٤)
الوقود جاهز	سنة	٠,٥	(٥٤)
٤ - زمن التأخير (بعد إفراغ الوقود)			
إعادة التجهيز/التصريف/رصيد اليورانيوم والبلوتونيوم	سنة	٧,٠	(٥٤)

الجـدول ٢ : البيـانات الأساسية للوقـود النـووى

يجمع الجدول ١ بيانات المحطات النووية المختارة من نطاق واسع من البارامترات الممكنة. فمثلاً؛ تم بلوغ عوامل قدرة تزيد على ٨٠٪، ولكن أيضاً عوامل تقل عن ٦٠٪. ويناقش معدل احتراق يصل إلى ٤٥ ميغاوات يوم/كغم وقود، ولكن بهدف وصف تكنولوجيا محققة ويعول عليها –بمعنى أن البارامترات المفترضة يمكن تحقيقها عملياً–، ويقترح أن يستخدم في الدراسة معدل احتراق يصل إلى ٣٣ ميغاوات يوم لكل كيلوغرام وقود.

ويبين الجدول ٢ البيانات الأساسية للوقود النووي (وتشير الوحدة "كيلوغرام وقود" إلى محتوى اليورانيوم في عناصر الوقود؛ ويعبر عن التكلفة بالدولار الأمريكي بأسعار ١٩٨٤، ويفترض أنها ثابتة طوال مدة الدراسة)

٦–٦ شحنــات الاتـزان

فيما يتعلق بحالة الاتزان التي تتحقق بعد بضع سنوات من بدء التشغيل، وعلى أساس البيانات المقدمة، ستكون الفترة الزمنية بين شحنتين متعاقبتين ١.١٢ سنة، أي أنه بافتراض أن شحنات الاتزان فقط هي التي تستخدم لتوليد الكهرباء فإن مدى العمر يقسم إلى ٢٢ فترة زمنية (٢٢.٣١٠٧)؛ ويجرى قبل فترة ونصف من موعد منتصف كل فترة زمنية شحن ثلث (٢٦.٢٩٠ طناً) من وزن قلب المفاعل أو يستعاض عنه وقود طازج.

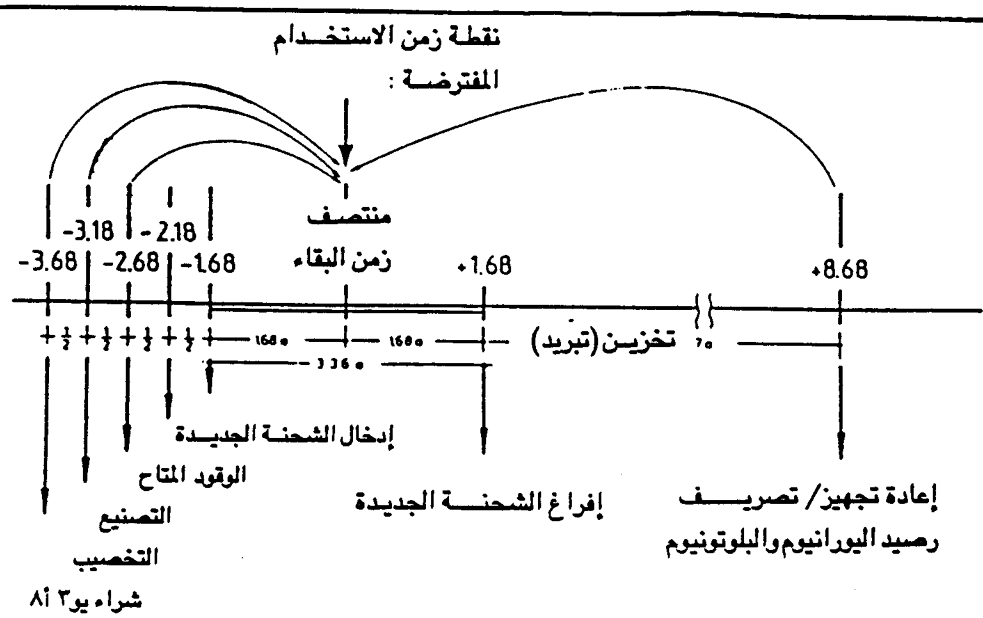
ويبلغ زمن البقاء لكل شحنة ثلاث فترات كل منها ١.١٢ سنة، أي ٣.٣٦ سنة. ولحظة الزمن التي تستخدم فيها الوقود هي منتصف زمن البقاء، أي ١.٥ فترة أو ١.٦٨ سنة بعد شحنه.

ويعطى الشكل ٨ صورة عامة عن الأحداث المرتبطة بدورة الوقود والنقاط الزمنية لحدوثها. ومن المعلومات الواردة في الشكل ٩ والبيانات المقدمة من قبل، يجمع بارامتر تكلفة الوقود في النموذج من العناصر المستنزلة قبل منتصف زمن البقاء (سعر الفائدة ١٢٪) مما ينتج عنه أن تكلفة الوقود تصل إلى ٢.٣٤٠٩ مليون دولار/طن وقود.

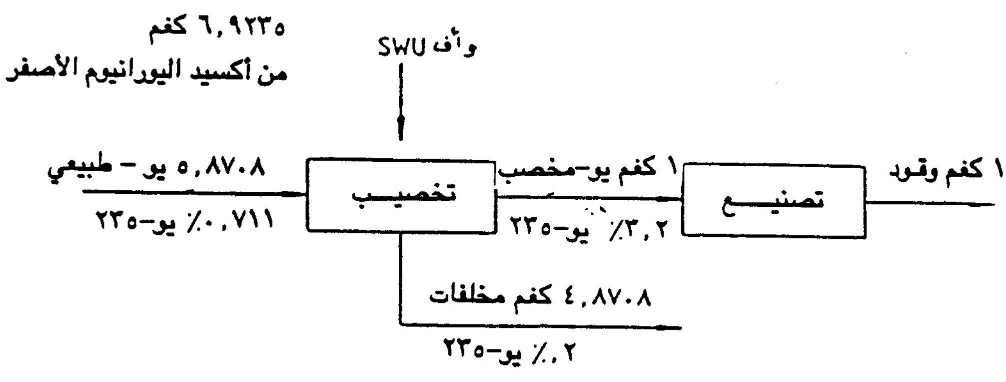
ويحسب معدل استهلاك الوقود، أي النسبة بين إجمالي المدخل (طن وقود) وصافي ناتج الكهرباء (بيتاجول) إلى ١.٠٦٢٨ طن وقود/بيتاجول. وبعد التعديل تبعاً لتعريف القدرة المختار (قدرة التوليد الصافية)، يصبح بارامتر النموذج الناتج هو ١.١١٢٩ طن وقود / بيتاجول.

٦–٧ تصحيح تكلفــة الاستثمـــار

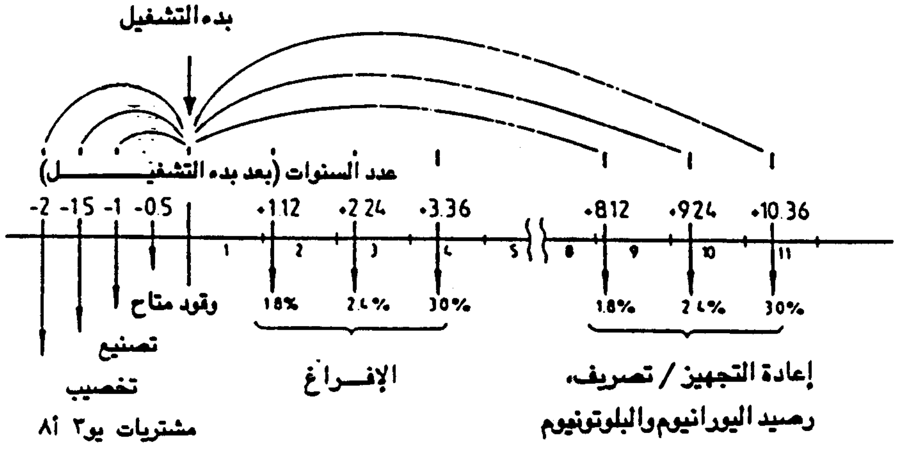
بالنسبة للظروف المبينة في الشكل ١٠، تحسب تكاليف قلب المفاعل الأصلي المستنزلة قبل بدء التشغيل.
ويوضح الشكل ١١، القسم العلوي، ظروف استهلاك الوقود التي تقابل في الواقع – مبسطة إلى حد ما بالافتراضات المذكورة سالفاً. وخلال مدى العمر، يلزم استخدام شحنة القلب الأولى و٢١.٣١٠٧ شحنة جديدة (جميع الفترات ذات طول واحد)؛ أو ٢٢.٣١٠٧ شحنة جديدة إذا جرى التوليد كله في ظروف الإتزان. وتطرح شحنة واحدة لأن القلب الأصلي يوفر توليد الكهرباء خلال الفترة الأولى.



الشكل ٨ : زمن التنفيذ / التأخير لشحنات الاتزان : رسم بياني



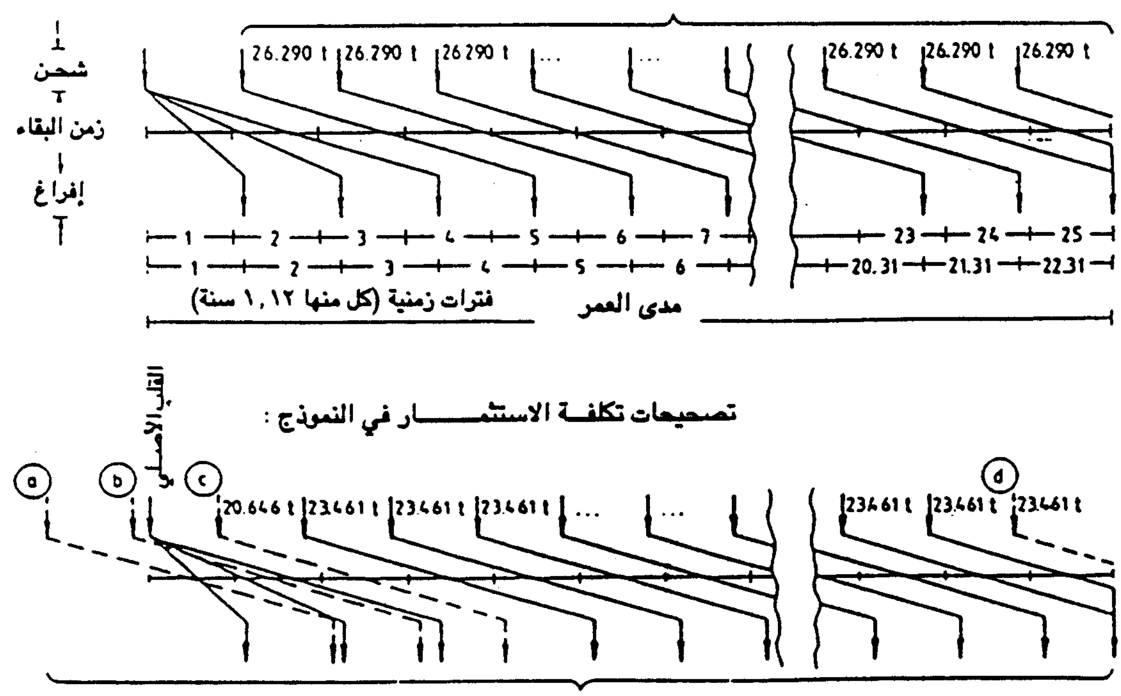
الشكل ٩ : تتابع عمليات إنتاج وقود الاتزان : رسم بياني



الشكل ١٠ : أزمان التنفيذ / التأخير في دمفات القلب الأصـــلي : رسم بيـــاني

واقع يتضمن افتراضات :

٢١,٣١٠٧ شحنة جديدة (كل منها ١,١٢ سنة: ٢٦,٢٩ طناً) : الإجمالي ٦٥٠,٢٥٧: الأولى بعد ١,١٢ سنة، والأخيرة سنة ٢٣,٨٨



الشكل ١١ ٢٥ إعادة شحن سنوية (كل منها ٢٣,٤٦١ طن) مطروحاً منها (0.12c + b+ a) مضافاً إليها (d): الاجمالي ٥٦٠,٢٥٧ طناً

وفي القسم السفلي للشكل ١١، تبين ظروف النموذج المختارة لتمثيل الظروف الواقعية على أفضل وجه : ففي النموذج، تتم الموازنة بين توليد الكهرباء واستهلاك الوقود سنوياً، وبعد ١.١٢ سنة من التشغيل، وحتى نهاية مدى العمر، أي خلال ٢٣.٨٨ سنة، تستهلك كمية ٥٦٠.٢٥٧ طناً من الوقود أي بمعدل ٢٣.٤٦١ طناً من الوقود سنوياً، ونظراً لأن استهلاك الوقود المحدد قد حسب لحالة الاتزان، فإن هذه الكمية تستخدم في كل سنة من سنوات مدى العمر وهي ٢٥ سنة. ونظراً لأن التوليد يغذى من القلب الأصلي في الفترة الأولى ومدتها ١.١٢ سنة، وليس من وقود إعادة الشحن، فإنه يعمل حساب فائض قدره ١.١٢ شحنة جديدة (أ)، (ب)، و ٠.١٢ * (جـ) في الشكل) يعطى لها رصيد؛ وبالمقابل، فإنه للشحنة الأخيرة (د)، لا يعمَل حساب نظراً لأن استخدامها سيحدث فقط في منتصف السنة رقم ٢٦، أي بعد انقضاء مدى العمر؛ لذلك فإن الشحنة الأخيرة المستنزلة من نقطة بدء التشغيل ينبغي أن تؤخذ في الاعتبار عن طريق إضافتها إلي تكلفة الاستثمار. وينبغي توخي إضافة أخرى لمراعاة تكلفة القلب الأصلي (سعر الفائدة ١٢٪ : ١٢٧.٤٤٣ مليون دولار) ولتكلفة التفكيك المحطة بعد وقف تشغيلها (تعتبر نسبة ١٠٪ من تكلفة الاستثمار الأساسية كافية في ألمانيا).

وتبلغ الأضافة الناتجة إلى تكلفة الاستثمار المحددة ٣٢.٣٥١ مليون دولار لكل جيغاوات (منسوبة إلي صافي قدرة التوليد؛ في حالة سعر الفائدة ١٢٪).

وتصبح البارامترات كما يلي عندما يكون سعر الفائدة ٤٪ و ١٤٪ على التوالي :

	٤٪	١٤٪
تكلفة الوقود (مليون دولار / طن وقود)	٢.٤٤٢٠	٢.٣٧٠٩
تصحيح التغذية بالوقود (مليون دولار / جيغاوات صافي)	١١٠.١٦٦	٢٧.٦٦٣

ويتكون إجمالي بارامتر تكلفة الاستثمار في النموذج من تكلفة المحطة اليومية زائداً تكلفة إدارة وفوائد المالك أثناء الإنشاء، منسوبة إلي صافي قدرة التوليد زائداً الإضافة المذكورة في الفقرة السابقة.

٧. قطـــاع الزيت والغـــاز

إن الزيت الخام والغاز الطبيعي المسيّل هما أهم سلعتين للتصدير في أندونسيا وهما يلعبان دوراً أساسياً في سوق الطاقة المحلية. لذلك يجب إيلاء اهتمام خاص لجمع وتحليل البيانات والنمذجة في هذا القطاع. ومن النقاط الهامة ما يلي :

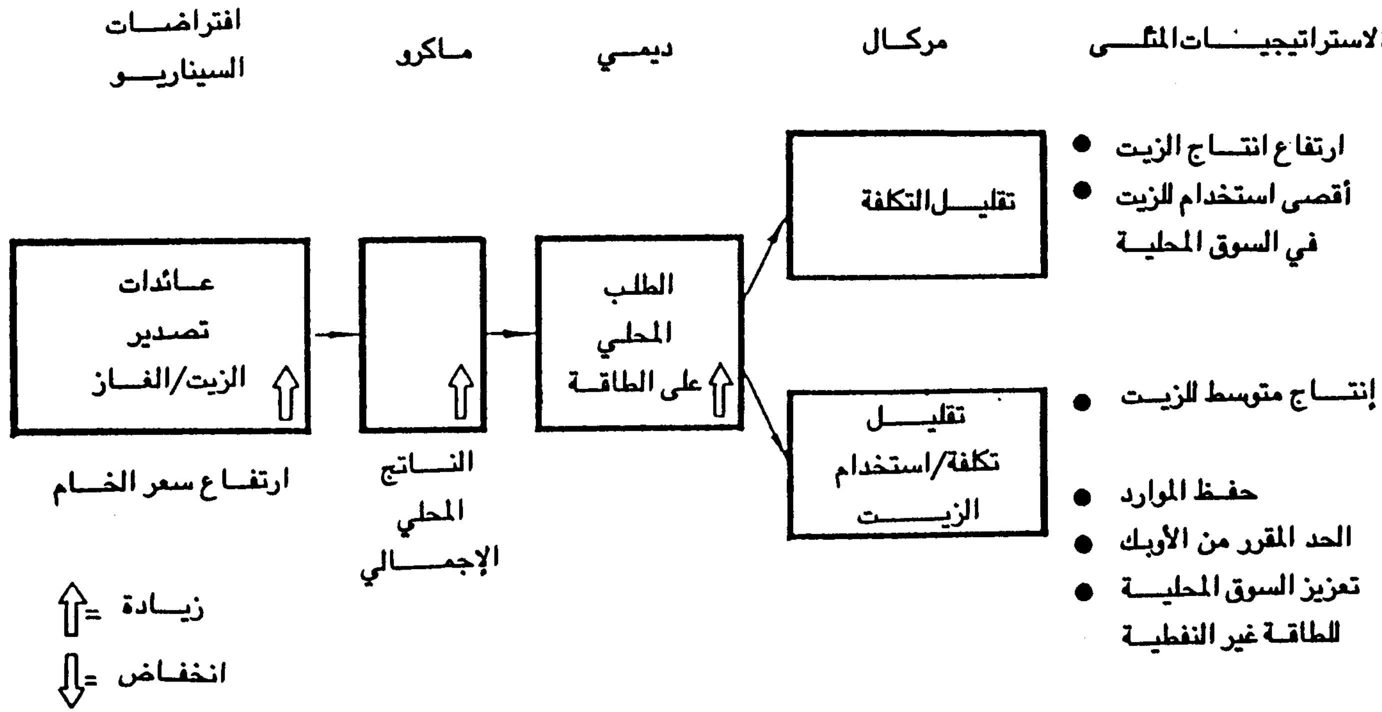
- التوزيع الإقليمي للزيت الخام والغاز الطبيعي،
- نقل الطاقة الأحفورية الأولية،
- التجهيز،
- نقل وتوزيع المنتجات المجهزة،
- احتياطيات الوقود الأحفوري،
- تطور تكلفة الإنتاج،
- تطور أسعار الزيت في السوق العالمية.

ومنذ عام ١٩٧٠ وحتى الآن زاد إنتاج الزيت الخام في أندونيسيا بمعدل ٣,٥٪ في المتوسط سنوياً. وكان هناك معدل أقصى في أواخر السبعينات، ومن ثم انخفض الإنتاج إلى الحد الذي قررته الأوبك. وفى ظل معدل الإنتاج الحالي، ستبقى الاحتياطيات المؤكدة لمدة ٢٠ سنة قادمة، ويمكن أن تظل الموارد المتوقعة أضعاف هذه المدة.

وفضلاً عن ذلك، فهناك كميات هائلة من الغاز الطبيعي. وبالتالي فإن عنصري الزيت والغاز الحاملين للطاقة سوف يحتفظان بدورهما القيادي في السوق. وستنتقل أعمال الاستكشاف والإنتاج إلى مناطق نائية ومناطق بحرية أبعد. وسوف يزيد ذلك من تكلفة الإنتاج وتكاليف النقل. وتأخذ قاعدة البيانات التي وضعت لحقول الزيت والغاز الاقليمية هذه النقاط في الاعتبار.

وتعتمد تنمية الاقتصاد وقطاع الطاقة بشدة على تطور أسعار الزيت الخام في السوق العالمية. ويقوم تخطيط الميزانية الوطنية على تنبؤات قصيرة الأجل لأسعار النفط، لكن تخطيط الطاقة، على سبيل المثال باستخدام نموذج مركال مع أفق زمني مدته ٣٠ سنة يتطلب تنبؤات لأجل طويل. ويصعب بل ربما يستحيل عمل مثل هذه التنبؤات حتى بالنسبة للصادرات. والشيء الوحيد الذي يمكن عمله هو افتراض تطورات محتملة، وتحليل تأثيرها على قطاع الطاقة بتطبيق أساليب السيناريوهات. ويوضح الشكل ١٢ أحد الأمثلة لقطاع الزيت. وفي الحالة المرتفعة، تؤدي الزيادة في أسعار النفط إلى ارتفاع الناتج المحلي الإجمالي، مما يؤدي إلى زيادة الطلب المحلي على الطاقة. وتقترح استراتيجيتان لتحقيق الحد الأمثل، هما تخفيض التكلفة الشاملة وتخفيض النسبة بين التكلفة واستخدام الزيت. وتؤدي الاستراتيجية الأولى إلى زيادة استخدام الزيت في السوق المحلية وتؤدي الثانية إلى تعزيز أنواع الطاقة غير النفطية للإمداد المحلي.

أساليب إعداد السيناريوهات لقطاع الزيت (الحالة المرتفعة)



الشكل ١٢

وفي معامل التكرير في نموذج مركال، تدرس منشآت الغاز النفطي المسيل ومنشآت الغاز الطبيعي المسيل بالتفصيل بواسطة وحدات التجهيز الداخلي فيهما . (وحدات التقطير، ووحدات التكسير، ووحدات إزالة الكبريت، إلخ)؛ وبذلك يمكن بلوغ الحد الأمثل لتدفقات مختلف المنتجات (أنظر: شبكة التكرير الفرعية، بالشكل ٧). وسيوفر التحليل خطة توسيع لمعمل التكرير الأمثل، وتضم تكنولوجيات متقدمة لتحويل الزيت الخام.

إن مواقع منشآت إنتاج الزيت والغاز ومنشآت تجهيزهما من ناحية، ومواقع مراكز استهلاك الطاقة، من ناحية أخرى، منتشرة على مسافات واسعة. ويتطلب ذلك نظاماً لوجستياً موسعاً لنقل منتجات التكرير وتوزيعها، وهو يخضع أيضاً لنهج تحقيق الحد الأمثل. ويوضح الشكل مخططات النقل كما هي مدرجة في نموذج مركال.

٨. ملخص واستنتاجـــات

يمكن تمييز النهج المستخدم بالسمات التالية :

- تستخدم مجموعة من نماذج الحاسب الإلكتروني لبيانات الاقتصاد الكلي، والطلب على الطاقة، وإمدادات الطاقة.

- تتضمن الدراسة المتكاملة جميع أشكال وأنواع العناصر الحاملة للطاقة، وجميع التكنولوجيات المبشرة لتحويل الطاقة والطلب عليها .

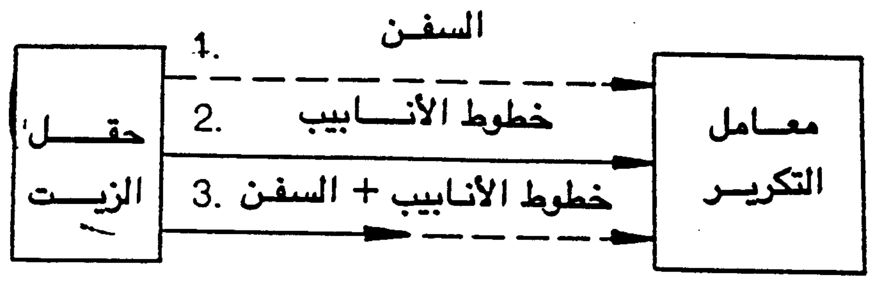
- ثم تحليل الدور المستقبلي *للطاقة النووية* في تنافسها مع جميع العناصر الأخرى الحاملة للطاقة.

- يتيح تطبيق نموذج البرمجة الخطية تحقيق الحد الأمثل للإمداد بالطاقة تبعاً للدالة الموضوعية المعنية.

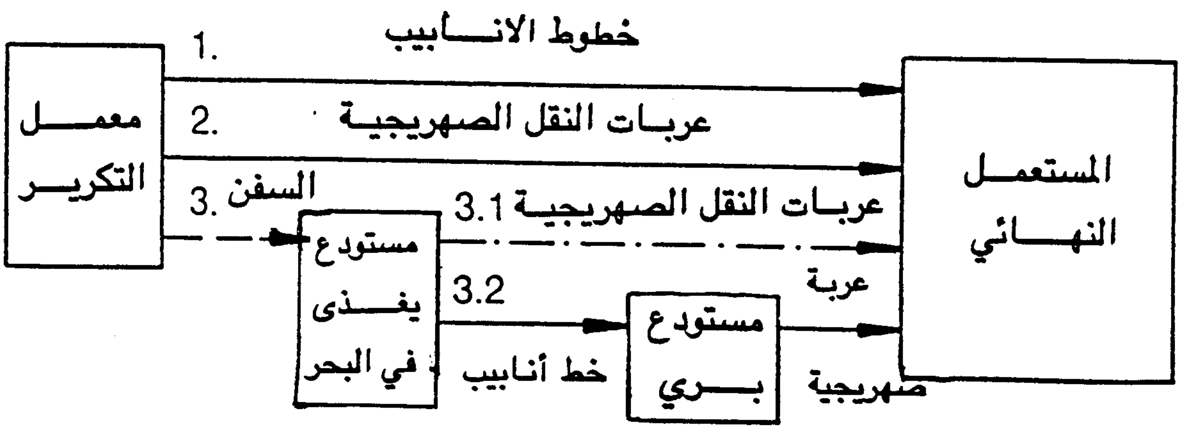
- تأخذ نمذجة الأقاليم في الاعتبار عدم تناسق توزيع موارد الطاقة ومراكز استهلاكها، وتوازن تدفقات الطاقة عن طريق تكنولوجيا نقل الطاقة بين الأقاليم.

وسيستمر تنفيذ برنامج البحوث المشترك حتى آخر عام ١٩٨٧. لذلك فإن النتائج النهائية غير متاحة حتى الآن. لكن عمليات الحاسب الإلكتروني الأولية توضح أن الزيت سيحتفظ بالدور الرئيسي في الإمداد المحلي بالطاقة في المستقبل. وينبغي العمل على تنمية قطاع الفحم وكذلك البنية الأساسية اللازمة له. وسيستمر الغاز في كسب حصص سوقية أكبر إلى حد ما، في الوقت الحاضر. وفي بلد كأندونيسيا، تتوفر فيه مصادر الطاقة الأحفورية والمتجددة، يتطلب تطبيق *الطاقة النووية*، من وجهة النظر الاقتصادية، تحليل حساسية دقيقاً. وعلى سبيل المثال، فإن محطات القدرة التي تعمل بدورة الغاز المجمعة، ومحطات القوى التي توقد بالفحم، والمحطات المائية

مخططات النقل



مرافق نقل الخام الرئيسية



توزيع منتجات التكرير

الشكل ١٣

هى منافس قوي لمحطات القوى النووية.

وإلى جانب تكاليف المحطات المحددة، يؤثر سعر الخصم تأثيراً قوياً على اقتصاديات القوى النووية. وتوضح عمليات الحاسب الإلكتروني الأولية أنه في ظل أسعار الخصم المرتفعة جداً، يتجه النموذج إلى تفضيل الخيار الأحفوري.

ويحقق النهج المتكامل الحد الأمثل لنظام الطاقة بأكمله من وجهة نظر الفائدة الاقتصادية الكلية. وإذا لم يتمكن أحد القطاعات أو إحدى التكنولوجيات من أداء الوظيفة الموضوعية لتقليل التكلفة، فإن النموذج سوف يستبعد هذا القطاع أو هذه التكنولوجيا. فإذا كان ينبغى طرح هذه التكنولوجيا في السوق، فإنه قد يلزم إحداث تغيير في الوظيفة الموضوعية أو الحجج السياسية، على سبيل المثال، نقل التكنولوجيا أو صون موارد الطاقة الأخرى.

٩. المراجـــــع

1. K. Kuebler: Einsatzmöglichkeiten von Energiemodellen für die Energiepolitik - Grundlagen, Erfahrungen, Perspektiven

2. W. Haefele, P. Basile: Modelling of Long-Range Energy Strategies with a Global Perspective in K. B. Haley, ed., OR'78, North-Holland Publishing Company (1979) 493-529

3. S. Rath-Nagel, A. Voss: Energy Models for Planning and Policy Assessment, North-Holland Publishing Company, European Journal of Operational Research 8 (1981) 99-114

4. M. Kleemann, B. Romahn, D. Wilde: Training Program Manual for Joint R & D Project "Energy and Energy R & D Strategies for Indonesia", 1983

5. L.G. Fishbone, G. Giesen, G. Goldstein, H. A. Hymmen, K. J. Stocks, H. Vos, D. Wilde, R. Zoelcher, C. Balzer, H. Abilock: User's Guide for MARKAL (BNL/KFA Version 2.0) a Multi-Period, Linear-Programming Model for Energy Systems Analysis, Juli 1, 1983

6. Project Report
Energy Demand
Analysis, Data and Modelling
February 1986

7. Project Report
Refinery Modelling
January 1986

8. Project Report
Data, Analysis and Modelling
The Indonesian Oil Sector
October 1986

9. U. Hansen: Kernenergie und Wirtschaftlichkeit Verlag
TÜV Rheinland GmbH, 1983

10. Project Report
Electricity
Sector Analysis and Data Report
November 1986

تخطيط الطاقة الكهربائية، دراسة مثالية لأندونيسيا: وضـع استراتيجيـة لإنشـاء محطـة لتـوليد القـوى وتوسيع الشبكة بجمهورية أندونيسيا - تطبيق نموذج برمجة خطية لتخطيط الطاقة

ف. سودجا*، م. غاتينغر**، أ. ليزو**
بيروسا هام أموم لستريك، أندونيسيا
** كرافت ورك يونيون ش. م.

(جمهورية ألمانيا الاتحادية)

فهرس المحتويـــات

١. مقدمـة والهدف من الدراسـة

تقدم هذه الورقة المنهجية، والنتائج الرئيسية لدراسة موضوعها "نقل الطاقة من سومطرة وكاليمنتان إلى جاوه، موقع محطات القوى التي توقد بالفحم" (١)، تقوم على اتفاق مشروع مشترك بين بيروساهان أموم لستريك نيغارا (PLN) بأندونسيا وكيرن فورشونغ سنلاغ جوليتش ش م (KFA) بجمهورية ألمانيا الاتحادية لمشاريع البحث والتطوير في مجال تكنولوجيا محطات القوى والشبكات.

ونفذت الدراسة بالتعاون الوثيق بين الأطراف المنفذة: PLN، وكرافت ورك يونيون ش م، وسيمنز ش م تحت رعاية وزارة البحث والتطوير بجمهورية ألمانيا الاتحادية.

والهدف من الدراسة هو وضع خطة طويلة الأجل لتوسيع شبكة الكهرباء تعتمد على حجم الطلب في سومطرة وكاليمنتان وجاوه، وهي جزر أندونيسيا الثلاث الرئيسية. وتتوفر لدى سومطرة وكاليمنتان موارد ضخمة للطاقة الأولية، ويبلغ الطلب على الكهرباء أقصاه في جاوه. ولوضع خطة تمتد إلى عام ٢٠٠٤، كان من الضروري تعيين الهيكل الأكثر ملاءمة من الناحية الاقتصادية للإمداد بالكهرباء في المستقبل، والموقع الجغرافي لمحطات القوى، مع دراسة بدائل الفحم والكهرباء لنقل الطاقة.

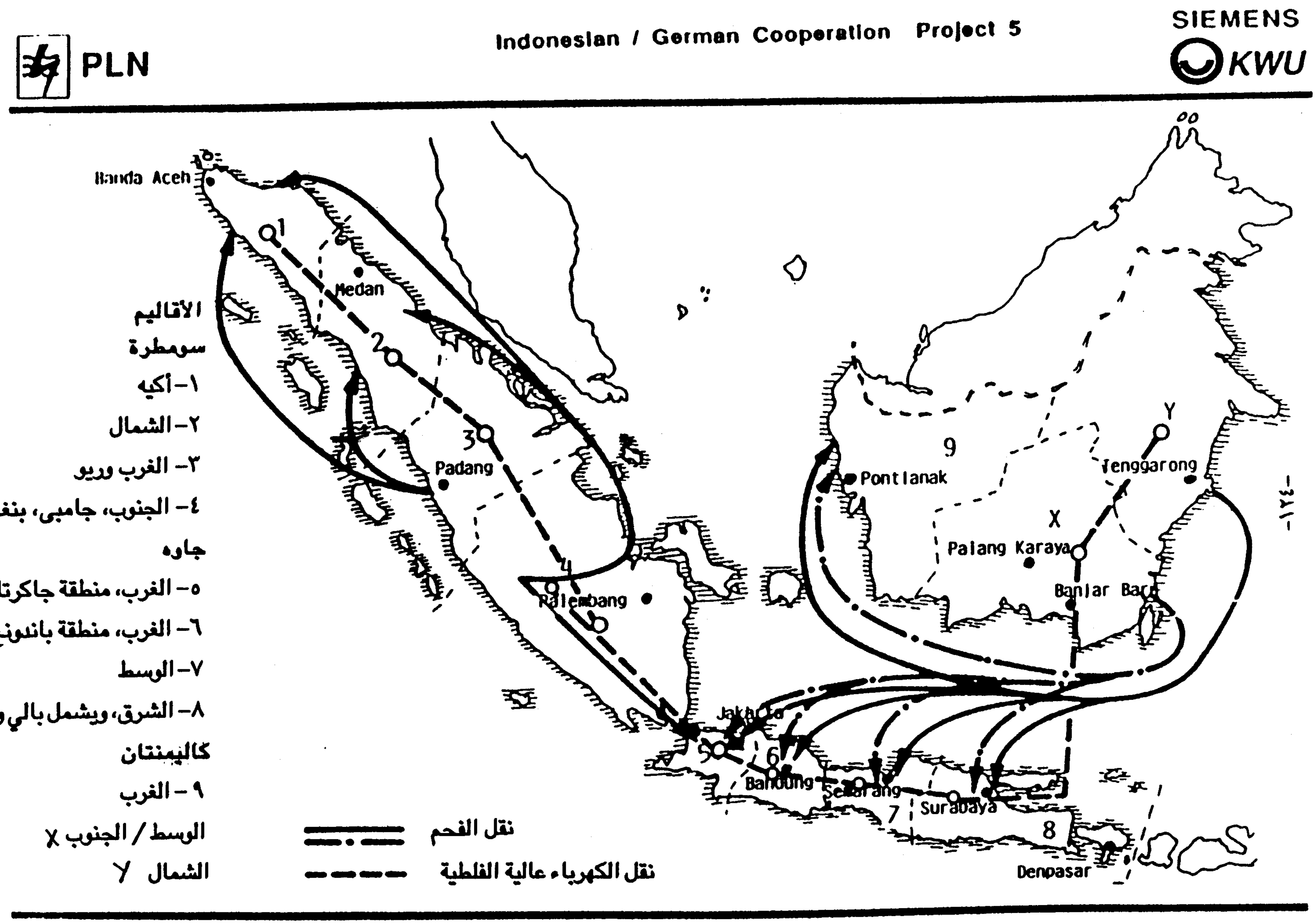
ونفذت الدراسة بالاستعانة بنموذج إيكوت (ECOT) لبرمجة الوضع الأمثل الخطية (٢). وأجريت حسابات مكثفة للنموذج قام بها الشركاء الألمان الذين أمّنوا أيضاً نقل الدراية الفنية على نحو كامل لخبراء تخطيط الطاقة الأندونيسيين، حيث أقيمت نسخة مجمعة من النموذج في الحاسبة الإلكترونية التابعة للشريك الأندونيسي.

١ -١. افتراضـات عامـة

قسمت الجزر الثلاث إلى ١١ منطقة طلب، وإلى جانب هذا التقسيم الإقليمي، يوضح الشكل موقع احتياطيات الفحم في سومطرة وكاليمنتان ومرافق نقل الفحم التي تناولتها الدراسة. وتمت محاكاة إمكانية التبادل الإقليمي للكهرباء بافتراض وجود خطوط نقل عالية الفلطية، بما في ذلك كابل بحري يربط بين سومطرة وجاوه الغربية. كما درس أيضاً خيار تبادل الكهرباء بين جنوب كاليمنتان وشرق جاوه.

وإلى جانب ذلك، درست مصادر الطاقة المحلية، الفحم، والطاقة المائية، والزيت، والطاقة الحرارية الأرضية، والطاقة النووية. وطبقاً للتغيرات التي وقعت أخيراً في سياسة الطاقة في أندونيسيا، فإن استغلال موارد الغاز في قطاع القوى يمكن أن يجعله مصدراً هاماً آخر للطاقة.

غير إن استخدام الغاز في محطات القوى اقتصر في هذه الدراسة على نطاق صغير نسبياً.



الشكل ١: مراكز الأحمال المدروسة والتوصيلات المشتركة بمرافق النقل عالية الفلطية ونقل الفحم

سنة أساس حساب التكلفة	١٩٨٤
أسعار الصرف	٢,٥٠ مارك ألمانى/ دولار أمريكي
	١٠٠٠,٠٠ روبية / دولار أمريكي
معدل تصاعد التكلفة المحلية	٨ ٪ سنوياً
الأجنبية	٦ ٪ سنوياً
سعر الخصم (حالة الأساس)	١٢ ٪ سنوياً
(تحليل الحساسية)	٨ ٪ سنوياً
مدة التخطيط	٢٥ سنة
عدد السنوات لكل فترة استثمار (تبعاً للنظام المتبع في أندونيسيا)	٥ سنوات

نوع الوقود	القياس	سعر الوقود	سعر الحرارة دولار/جيفاجول	ملاحظات
زيت ديزل عالي السرعة	دولار / برميل	٣٥,٧	٥,٧٧	١١٠٠٠ كيلو كالورى / كغم
زيت وقود بحري	دولار / برميل	٢٥,٩	٣,٩٤	١٠٠٠٠ كيلو كالورى / كغم
غاز طبيعي	دولار / ١٠٠٠	٣	٢,٨	٢٥٢ كيلوكالورى/قدم مكعب
بخار حرارى أرضي	دولار / ميغاوات ساعة كهربائي	٤٦,٨٧	٤,٥٥	η= ٣٥ ٪
بخار حراري أرضي بدون رسوم	دولار / ميغاوات ساعة كهربائي	٣٢,٠	٣,١٢	η= ٣٥ ٪
وقود نووي	دولار / ميغاوات ساعة كهربائي	٩,٦	٠,٨٥	η= ٣٢ ٪
فحم (تعدين)	دولار / طن	٣٠,٠	١,٣٦	mu = ٥٢٧٠ كيلو كالورى / كغم
يتضمن : نقل الفحم (أدنى - أقصى) تبعاً لموقع الموارد ومكان الاستهلاك	دولار / طن	٥٠,٧-٣٩,١	٢,٣٠-١,٧٧	

الشكل ٢ البيانات الاقتصادية الحدية

١ – ٢. تعيين قــاعدة البيانـــات

لتنفيذ الدراسة، افترض عدد من البيانات الاقتصادية الحدية. ويبين الشكل ٢ أهم هذه البيانات وأسعار الطاقة المناظرة.

ولم تشمل الدراسة تنبؤات الطلب على الكهرباء، ولذلك استخدمت التقديرات التي أجرتها PLN، والتى شملت فترة ١٠ سنوات. وأدى الاستقراء بمعدلات نمو متناقضة إلى الحصول على معدل نمو متوسط يبلغ نحو ١٢٪ سنوياً. وتجدر الإشارة إلى أن PLN ظلت مسؤولة حتى الآن عن إمداد الكهرباء للقطاع العام وحده. غير أن الإمداد الصناعي سيكون هو أيضاً بالتدريج مشمولاً بنشاط PLN. ومن بين أسباب أخرى، تفسر هذه الحقيقة الارتفاع النسبي لمعدل النمو. واستخدمت تقديرات منفصلة للطلب على الكهرباء في كل من المناطق الإحدى عشرة، مما أسفر عن المنحنيات المجمعة المبينة في الشكل ٣.

ودرست أنواع ووحدات حجوم محطات القوى التي اعتبرت "مرشحة" للاستخدام في إنتاج الكهرباء في المستقبل، كل على حدة بالنسبة لكل اقليم. وتم اختيارها وفقاً لحجم الطلب الاقليمي المتوقع على الطاقة.

٢. المنهجيـــــة

أجريت الدراسات عن طريق تكييف النموذج العام إيكوت ECOT (Energy Conversion and Transportation) لتحقيق الوضع الأمثل ليناسب الوضع الخاص بأندونيسيا.

٢–١. نموذج تحقيق الوضع الأمثـل

إيكوت هو نموذج للبرمجة الخطية يدعم البرمجة بالثوابت الصحيحة إذا اقتضى الأمر. ويمكن استخدامه لتأكيد التطور طويل الأجل في أي نظام إمداد يعتمد على حجم الطلب. وفي هذه الدراسة، وفر إيكوت الأساس للبت في الاستثمارات من أجل الحصول على نظام يضمن إمداد الكهرباء في أندونيسيا بشكل اقتصادي ومأمون.

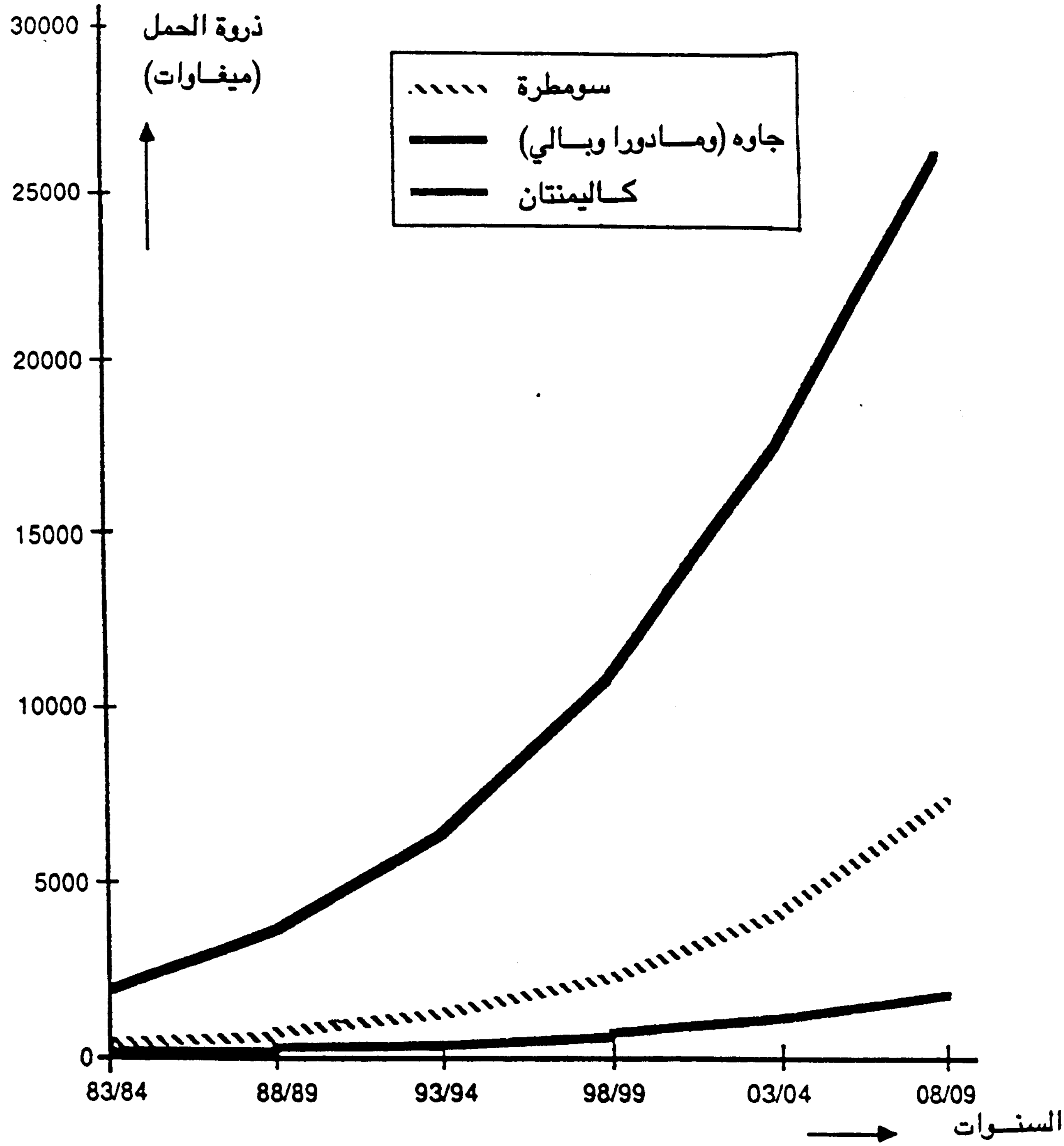
وهدف النموذج إيكوت في هذه الدراسة هو تقليل القيمة الحالية لجميع التكاليف الناجمة – خلال الفترة قيد النظر – من تشغيل جميع المرافق القائمة ومن تركيب المرافق الجديدة التي تحول الطاقة الأولية إلى كهرباء. كما أخذت في الاعتبار كذلك التكاليف والخسائر الناشئة من تعدين عناصر الطاقة ونقلها.

ويوضح الشكل ٤ التركيب العام للنموذج. وأهم المدخلات البيانية فيه هي :

– بيانات تصف نظام الاقتصاد والطاقة (سعر الخصم، تكاليف التعدين، التكاليف الرأسمالية، معدلات النمو

PLN

SIEMENS
KWU



الشكل ٣- تطور ذروة حمل الطلب في سومطرة وجاوه (بما في ذلك مادورا وبالي) وكاليمنتان (حالة الأساس)

المناظرة، ..)
- بيانات تصف شكل النظام (فترة التخطيط، أنواع محطات التحويل، العناصر الحاملة للطاقة، ..)
- بيانات تصف حجم الطلب على الطاقة (تنبؤات الاستهلاك الإقليمي للكهرباء، ..)
- بيانات تصف التكنولوجيات (حجم الوحدة، الكفاءة، درجة الإتاحية من القدرة، مدى العمر، ..)
- بيانات تصف القيود السياسية والإيكولوجية (عقود التصدير أو الاستيراد، قيم الابتعاث، ..).

ويحسب النموذج الاستراتيجيات طويلة الأجل لإقامة وتشغيل التكنولوجيات المناسبة بحيث يغطي الطلب على الطاقة في أى نقطة من الزمن أثناء فترة التخطيط. ويكون "مسار الطاقة" هذا أكثر المسارات اقتصاداً بين المسارات الممكنة في ظل القيود المبينة.

وفى إطار نموذج إيكوت، تتم محاكاة أي نظام للطاقة عن طريق توليف مختلف أنواع "عناصر النموذج" في شكل رسم بياني خطي. وتمثل هذه العناصر "عمليات" (تكنولوجيات)، و"أنشطة" (تدفقات الطاقة)، و"حسابات" (عناصر توازن). وتتعلق أرقام التكاليف ومتغيرات القرارات بالعمليات فقط. ويبين التركيب العام لعناصر النظام هذه في الشكل ٥.

وكمثال، يبين الشكل ٦ الوصف الذي يوضحه النموذج لشبكات نقل الكهرباء المترابطة في سومطرة وجاوه. وفي هذا الشكل تمثل تدفقات الكهرباء في شكل أسهم تبين اتجاهات التدفق، وتوضح النقط والدوائر على التوالي مرافق نقل الكهرباء.

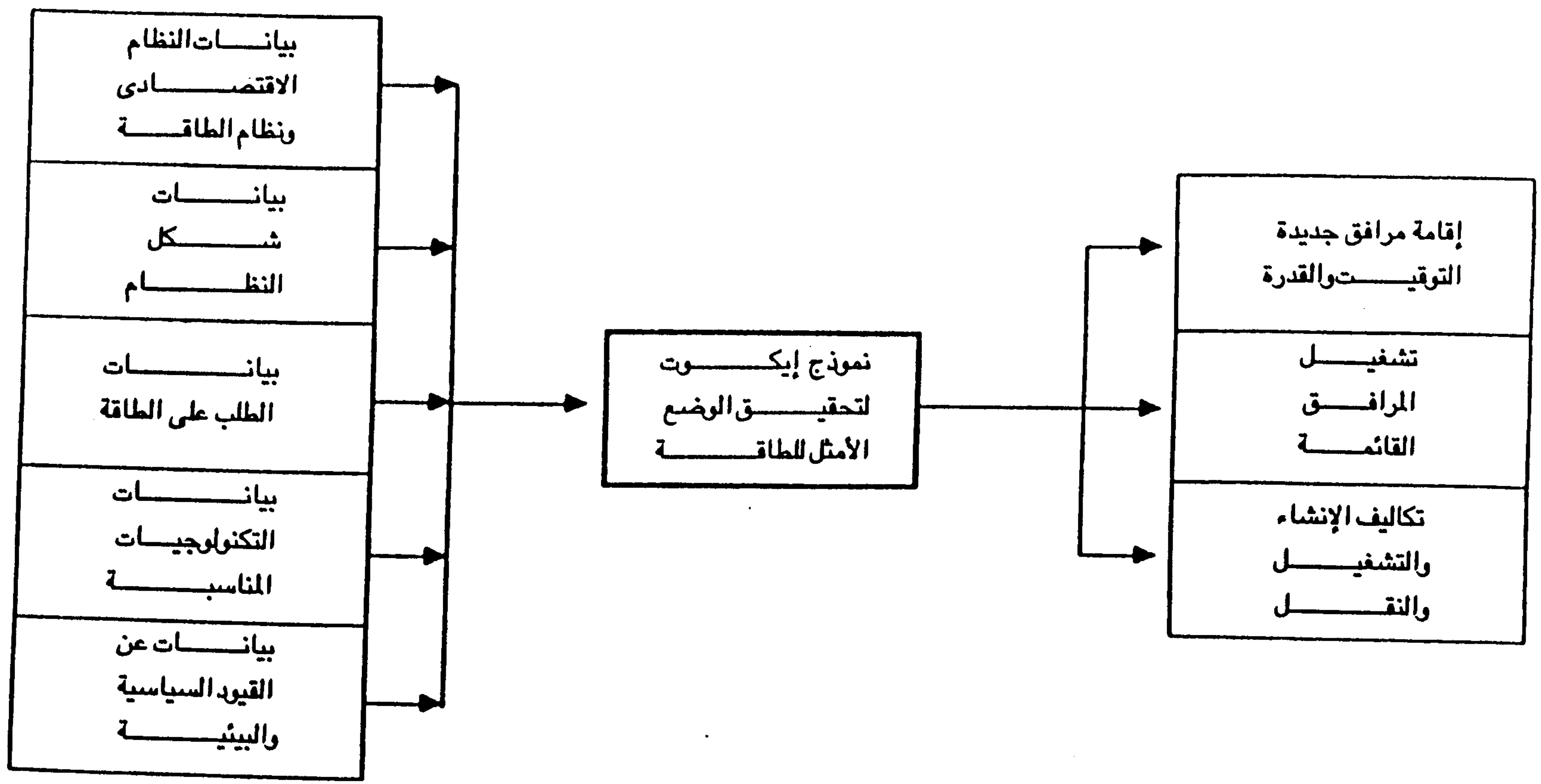
ونظراً لأن إيكوت هو نموذج خطي، فإن كل العلاقات بين بارامترات النظام والظروف الحدية يجب أن يعبر عنها بمعادلات أو تباينات خطية.

٢-٢. تعديـــــل النموذج

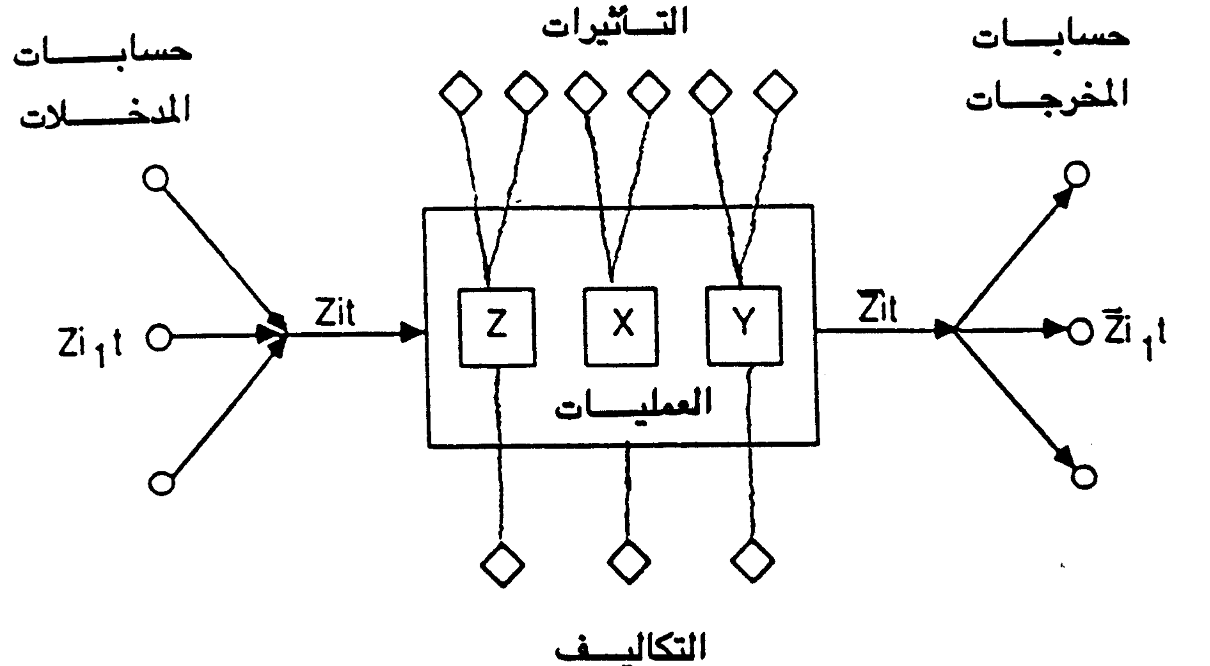
كل منطقة تحدد بنمط مستقل لحجم الطلب على الكهرباء والإمداد، ويوصف هذا النمط بخاصة الطلب الإقليمي (فى شكل منحنى مدة حمل سنوية)، وبتوليفته الخاصة من محطات القوى، وبموارده الأولية.

وتوجد موارد الفحم في سومطرة وكاليمنتان. وتوصف أنشطة التعدين ومرافق النقل "بعمليات إيكوت" المناسبة. وقد درست مختلف قيم الفحم الحرارية تبعاً لموقع المنجم أو أي منشئه (الواردات).

وأدخلت بيانات احتياطيات قدرة النظام بوصفها بارامترات خارجية المنشأ بالنسبة للنموذج، وتم اختيارها بصفة مستقلة لكل منطقة في سومطرة وكاليمنتان. ونظراً لتوقع اتساع نطاق شبكة نقل الكهرباء في جاوه بحلول عام ١٩٩٠، فإنه يتوقع ألا تحدث مشكلات في نقل الكهرباء من أي مكان محدد في جاوه إلى أي مكان آخر. لذلك فإن الاحتياطي بالنسبة لجاوه قد تمت محاكاته للجزيرة بأكملها وفقاً للشكل ٧.

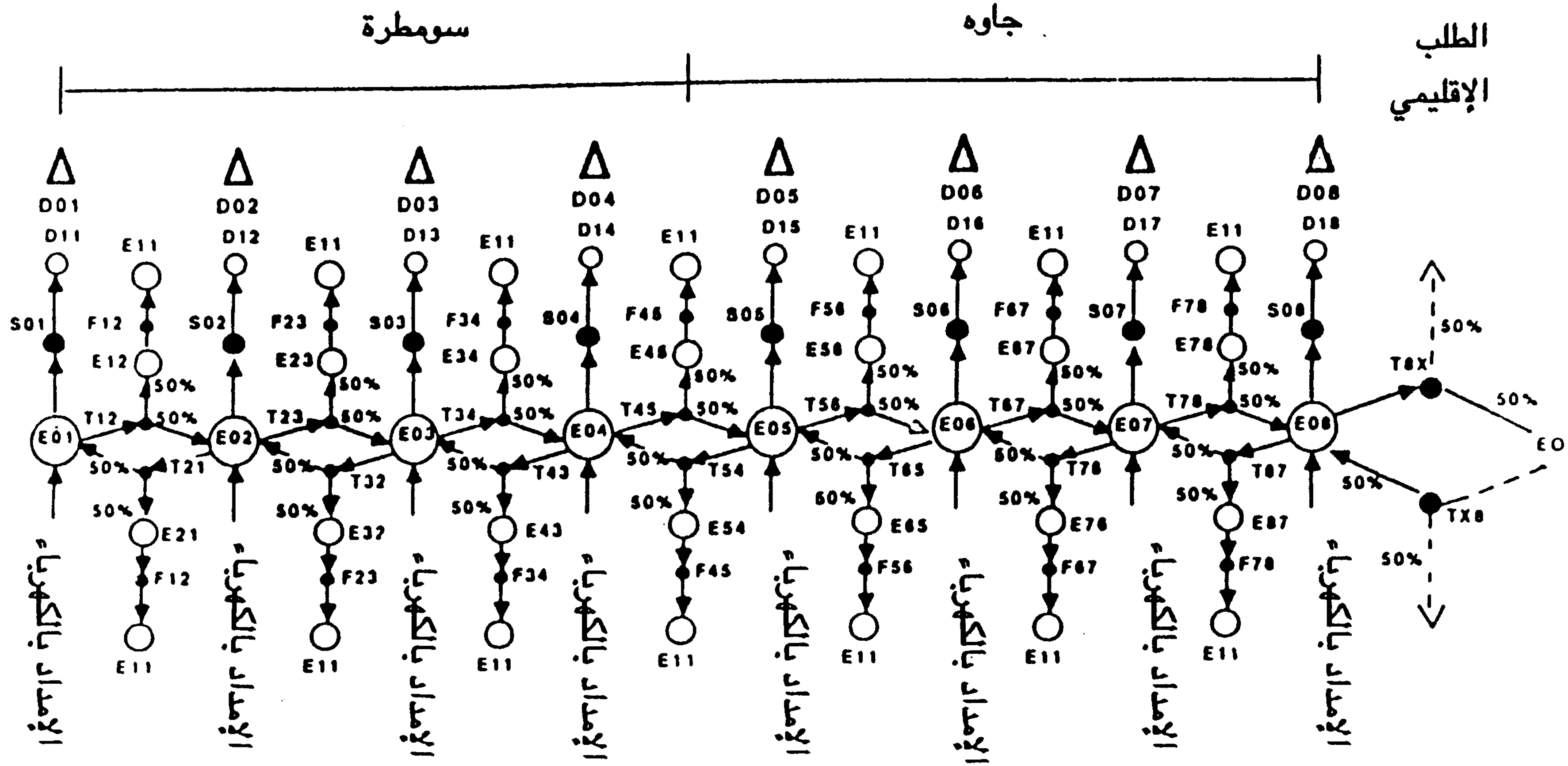


الشكل ٤- التركيب العام لنموذج إيكوت



n	مدخلات الأنشطة (التدفقات)	Zi_1t
m	مخرجات الأنشطة (التدفقات)	$\bar{Z}i_1t$
1	إجمالي مدخل (تدفق) العمليات	Zit
1	إجمالي مخرج (تدفق) العمليات	Zit
1	متغير قرار ثنـــائي التكافؤ	Yit
1	إضافـــة قدرة	Xit
1	حصة التكاليف الثابتة التى تتوقف على	Y
1	حصة التكاليف الثابتة التى تتوقف على	X
1	حصة التكاليف المتغيرة التى تتوقف على	Z
	حصص التأثيرات المختلفة التى تتوقف على	Y
	حصص التأثيرات المختلفة التى تتوقف على	X
	حصص التأثيرات المختلفة التى تتوقف على	Z

الشكل ٥ – تركيب عمليـــات النموذج إيكوت



الشكل ٦ – الاستهلاك الإقليمي للطاقة
وتبادل الكهرباء بين المناطق المختلفة

ويوضح الشكل ٨ المخطط القاعدي للنموذج إيكوت الذي يبين الهيكل العام للإمداد الإقليمي. ويبين هذا الرسم أن الفحم هو العنصر الأولي الوحيد الحامل للطاقة الذي يوصف بشكل مستقل. أما بقية أنواع الوقود (الزيت، والغاز، واليورانيوم) فإنها توصف ضمناً (على سبيل المثال بإضافة تكلفة الوقود إلى تكاليف التشغيل المتغيرة للمحطات المعنية). وقد اختيرت أحجام وحدات المحطات وفقاً لحالات الطلب الإقليمي على الطاقة. وفي جاوه، على سبيل المثال، يكون من المنطقي النظر في محطات ذات وحدات من الحجم الكبير (وتكاليف نوعيه منخفضة للاستثمار)، بينما من الأنسب في سومطرة وكاليمنتان النظر في محطات ذات وحدات من الحجم الصغير.

٣. النتـــــائج

نظراً لأن خطط التوسع في محطات القوى قد اعتبرت محددة حتى نهاية الخطة الخمسية الرابعة (التي تنتهي في عام ١٩٨٩)، فقد بدأت حسابات تحقيق الوضع الأمثل من عام ١٩٨٩ وشملت الفترة حتى عام ٢٠٠٤. وتمثل الفحوص التي اعتمدت على أرجح الافتراضات المتاحة خلال الفترة التي تشملها الدراسة، "حالة الأساس". ووضعت ستة سيناريوهات أخرى تيسر فهم آثار تغير بارامترات النموذج في الاستراتيجية "المثلى" لمستقبل الإمداد بالكهرباء.

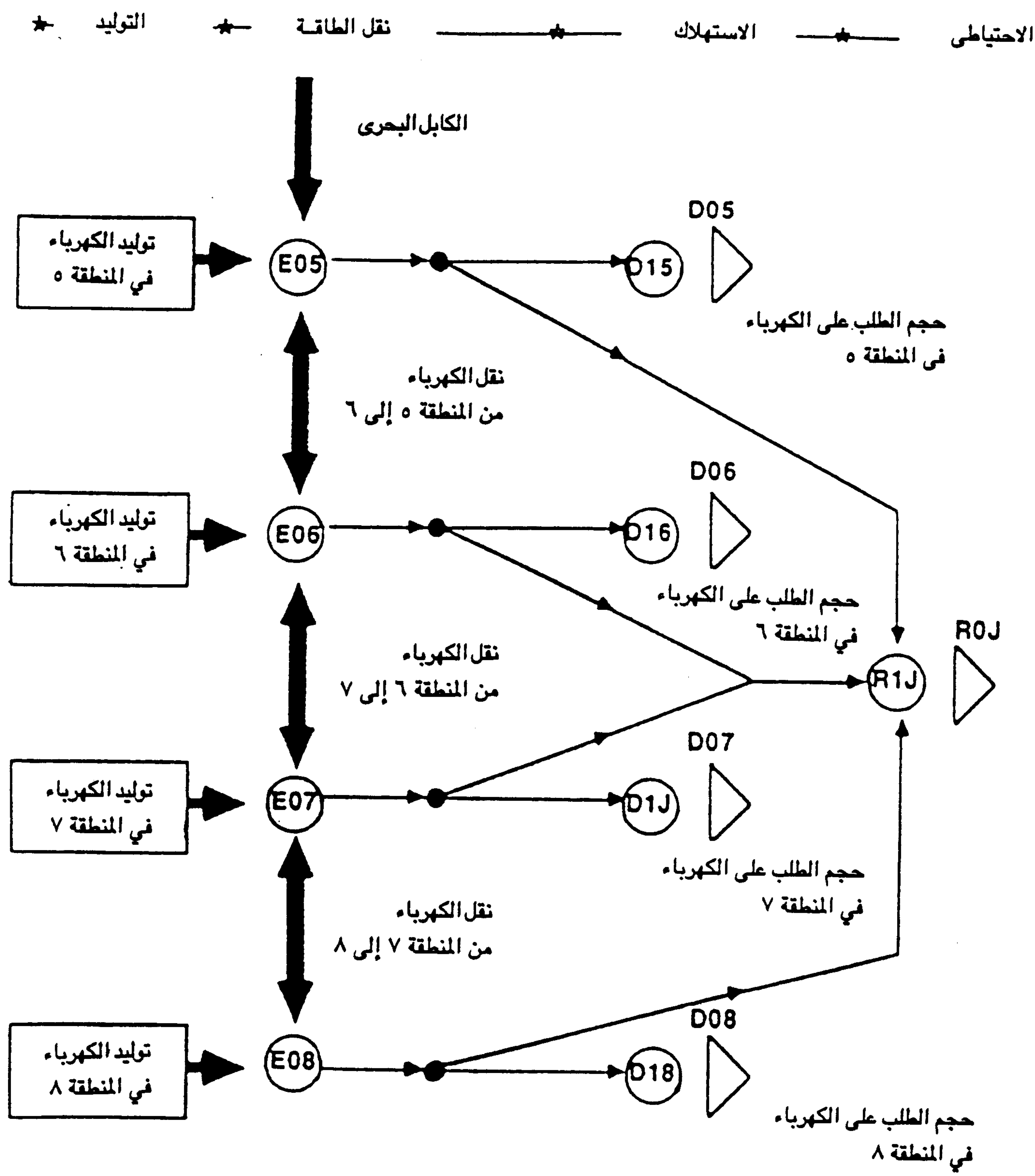
٣-١. حالـــة الأســـــاس

أسفرت الحسابات عن خطة توسعية مفصلة لقدرات محطات القوى وإنتاجها من الكهرباء في ١١ منطقة مختارة.

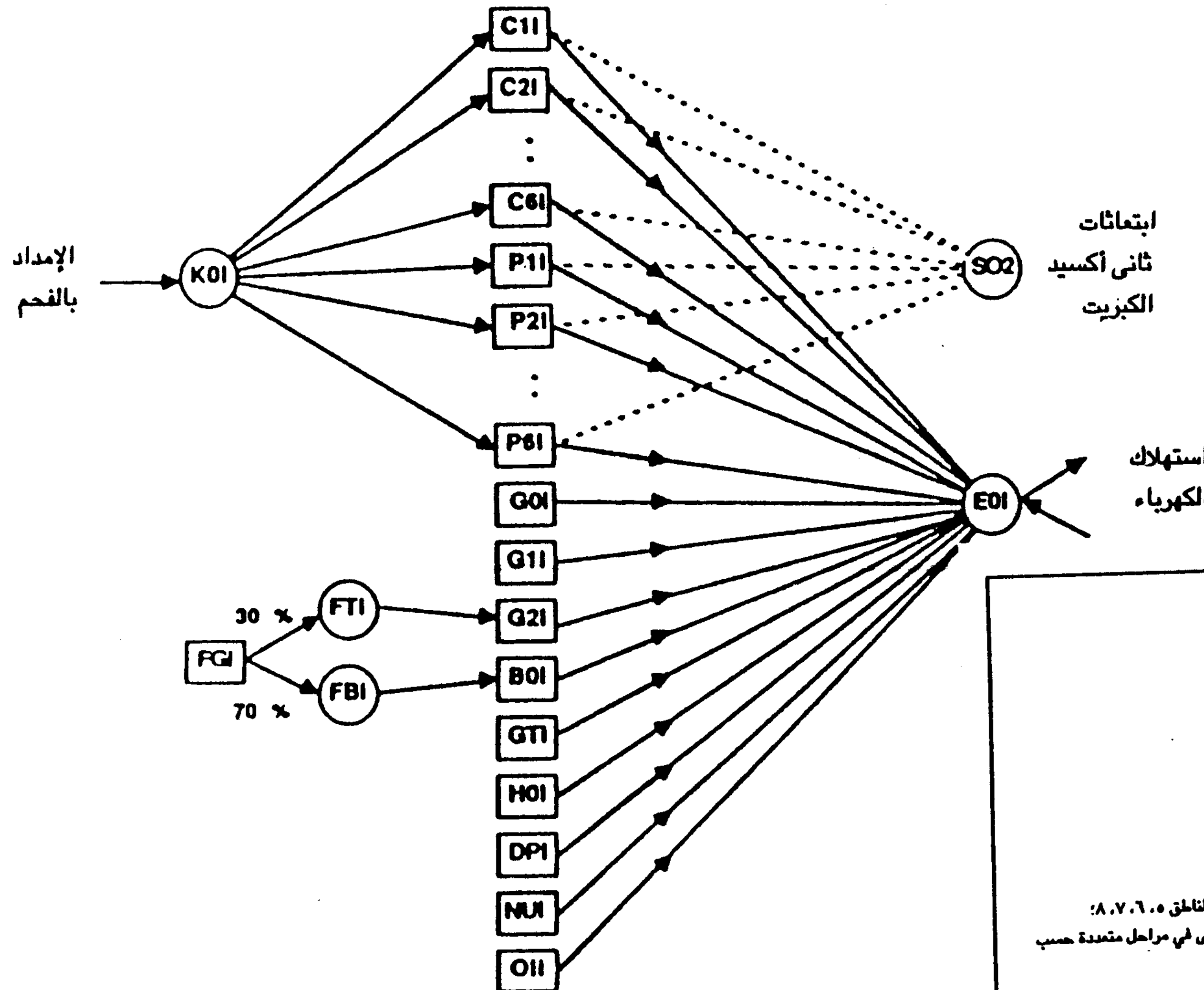
وفى الشكلين ٩ و١٠، تعقد مقارنات بين القدرات المنشأة وإنتاج الكهرباء وحجم الطلب وجمعت في ثلاث جزر. وبالمقارنة مع حجم الطلب، يمكن ملاحظة زيادة كبيرة في قدرة المحطات في سومطرة. والاتجاه مناقض لذلك تماماً في جاوه. وذلك بسبب اقتراح إنشاء شبكة نقل مباشر للتيار عالي الفلطية بين سومطرة وجاوه. وفي عام ٢٠٠٤، سينقل هذا الخط الكهرباء مع ذروة تبلغ ٤٠٠٠ ميغاوات من محطات القوى المتاخمة للمناجم في جنوب سومطرة إلى مراكز الطلب في غرب جاوه.

ويوضح الشكل ١١ هيكل إنتاج الكهرباء الملائم لخطة التوسع هذه بالنسبة للجزر الثلاث. والشكل يبين تزايد ثم سيادة استخدام محطات الفحم، وسرعة تضاءل استخدام محطات القوى الموقدة بالزيت. والمصدر الهام الثالث للطاقة هو القوى المائية. أما القوى النووية فتسهم بنحو ٥٪ من إجمالي إنتاج الكهرباء بحلول نهاية هذا القرن. وينبغي استخدام التوربينات الغازية ومحطات القوى التي توقد بالديزل بصورة رئيسية لصون الاحتياطيات، بينما تستخدم القوى الحرارية الأرضية فقط لأن القدرة الحالية للمحطات تلزم بالعمل بمعدل ٧٠٠٠ ساعة سنوياً.

وقد أثبتت قدرة الشبكة القائمة في جاوه وهي ٥٠٠ كيلو فولت أنها كافية حتى عام ٢٠٠٤، بينما ترتبط المناطق في سومطرة فيما بينها تدريجياً من الجنوب إلى الشمال.



الشكل ٧ – احتياطيات جاوه بأكملها (وصف النموذج)

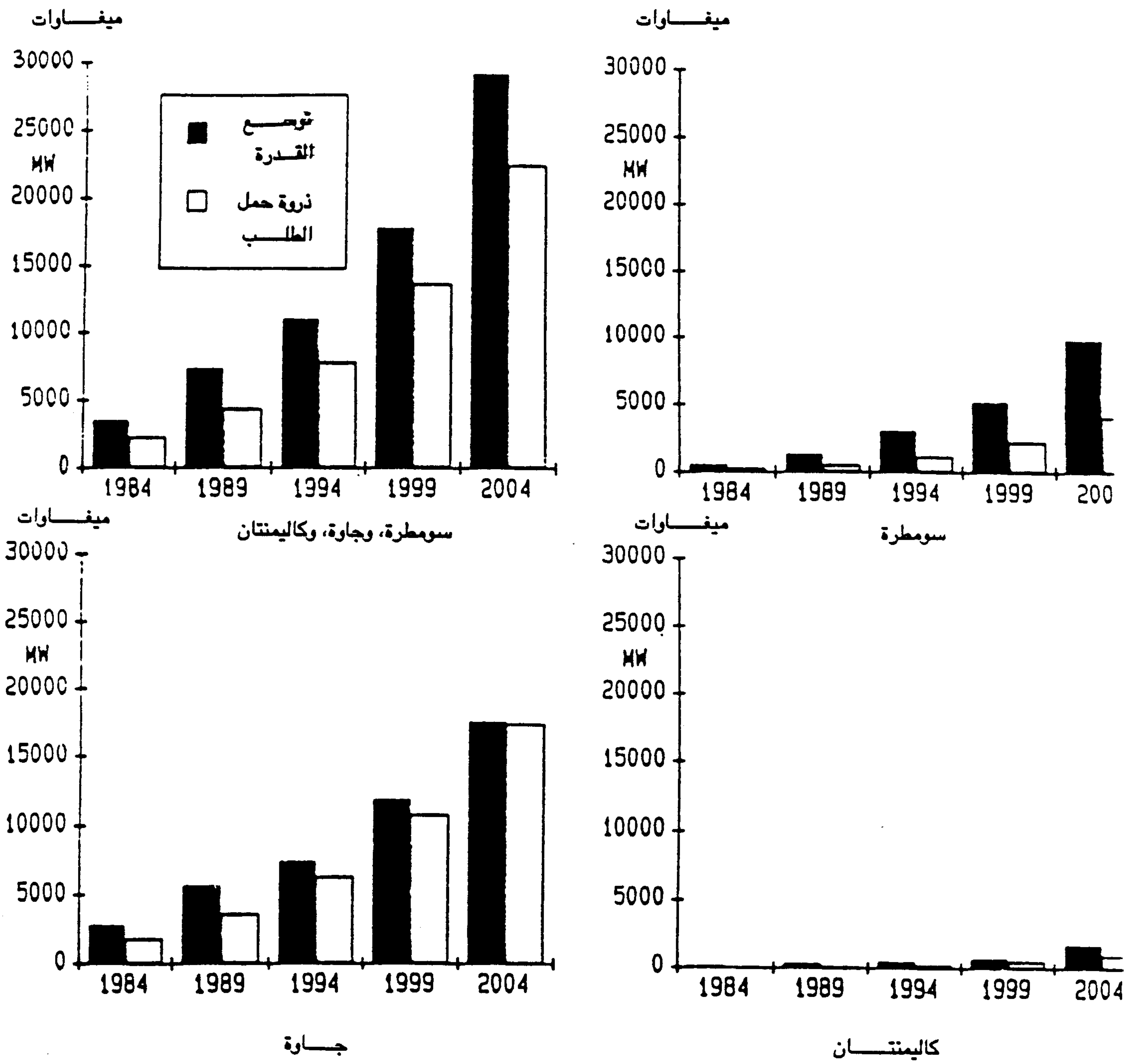


الشكل ٨ – نظام إمدادات الكهرباء الاقليمية (الشكل العام)

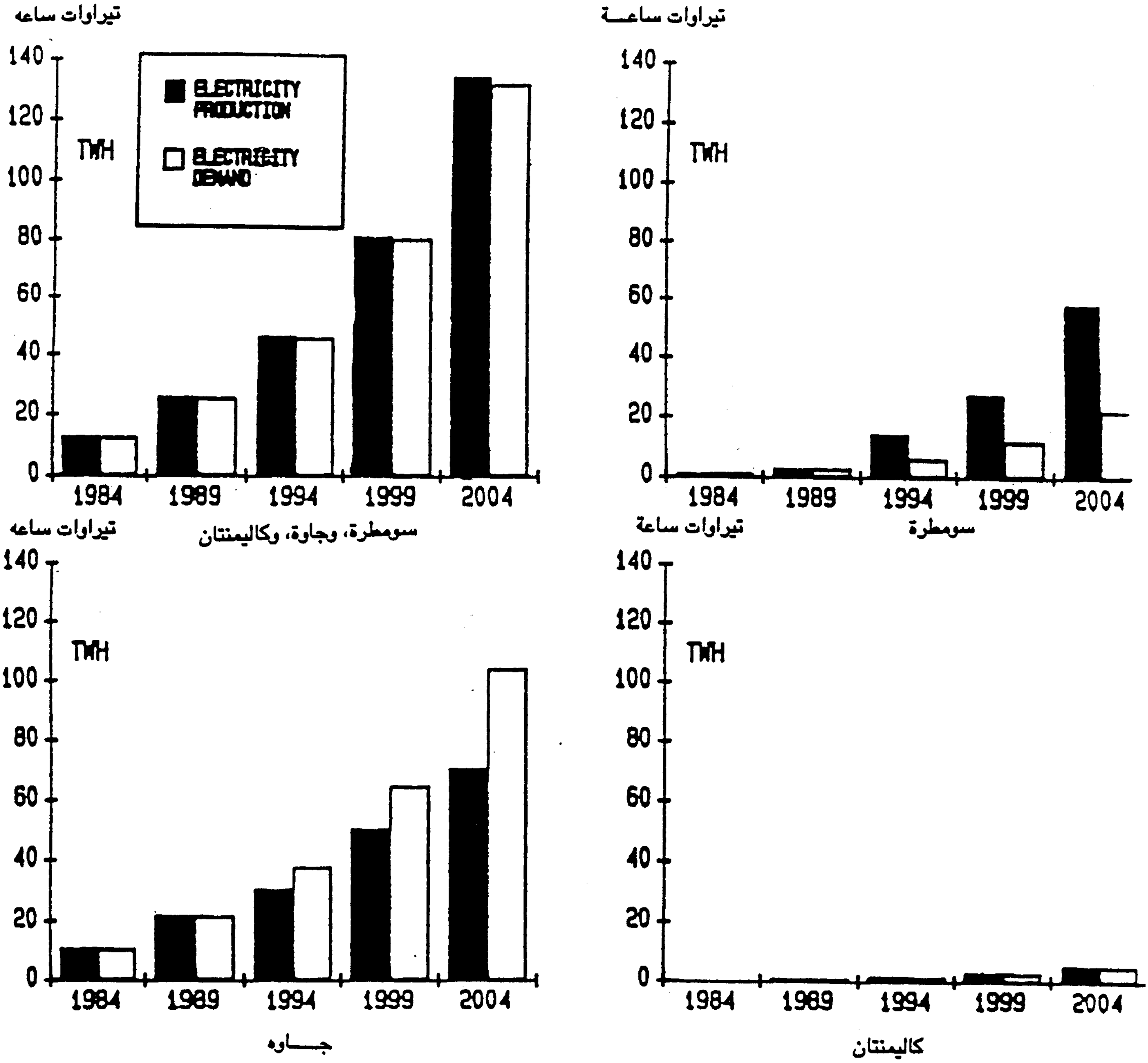
تكنولوجيات التحويل فى المنطقة ١

CKI = محطة قوى بخارية (K تمثل حجم الوحدة)
PKI = محطة قوى بخارية مع إزالة الكبريت (K تمثل حجم الوحدة)
GKI = توربين غازى (K تمثل حجم الوحدة)
*FGI = عملية خيالية ("موزع وقود")
BOI = مولد بخار
GTI = محطة حرارية أرضية
HOI = محطة قوى مائية
DPI = محطة قوى بالديزل
NUI = محطة توقد بالزيت

* تنطبق فقط على التوربينات الغازية ذات وحدات قدرتها ١٠٠ ميغاوات فى المناطق ٥، ٦، ٧، ٨؛
BOI, G21, FBI, FTI, FGI تمثل "محطات الدورة المجمعة"، التى تبنى في مراحل متعددة حسب الاختيار.

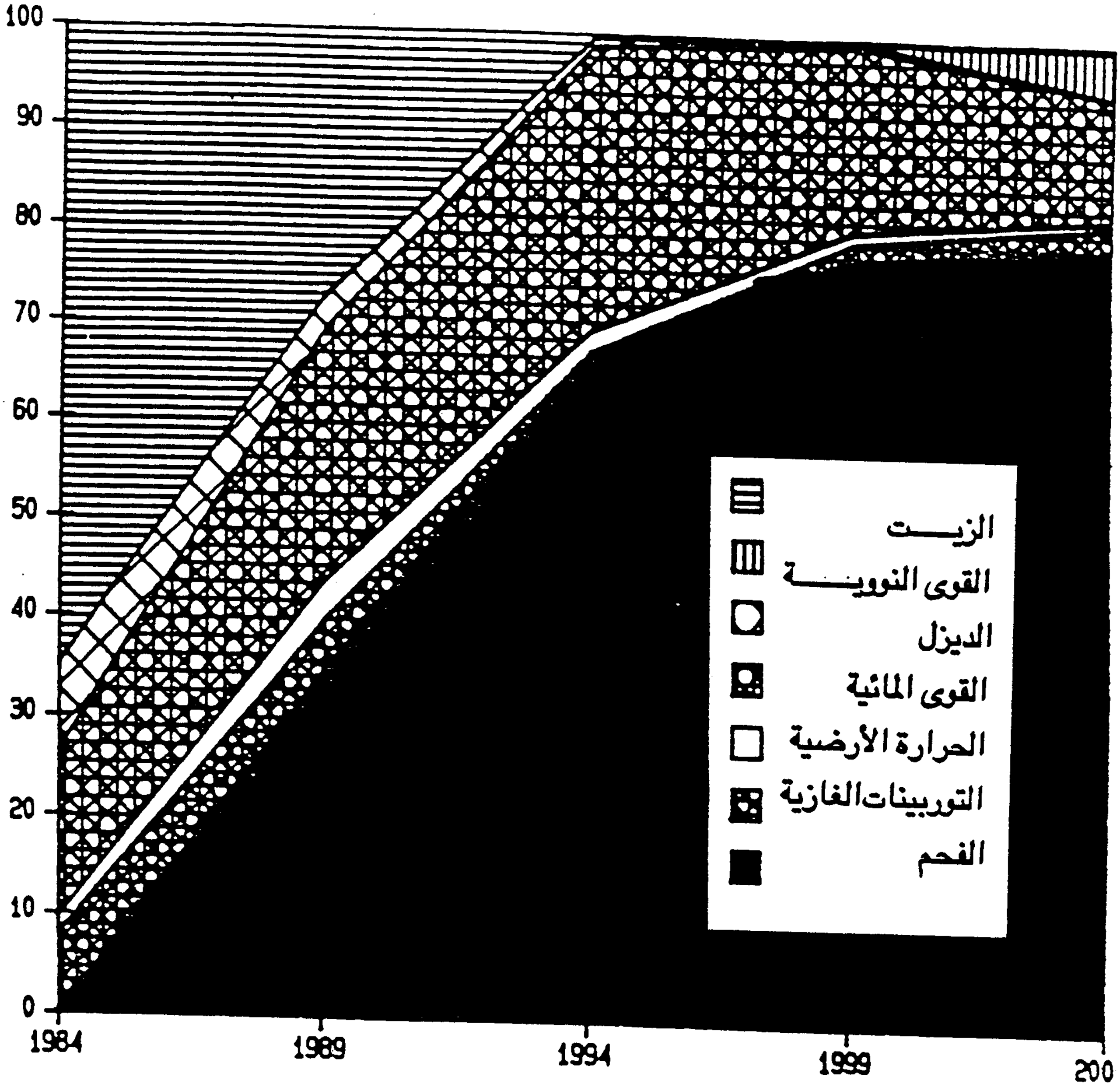


الشكل ٩ – توسع القدرة المنشأة وذروة حمل الطلب (حالة الأساس)



DEVELOPMENT OF ELECTRICITY
PRODUCTION AND ELECTRICITY DEMAND
(BASE CASE)

FIGURE 10



الشكل ١١

تطور هيكل إنتاج الكهرباء فى سومطرة

وجاوه، وكاليمنتان (حالة الأساس)

وتمثل مناجم الفحم الغنية في جنوب وشمال كاليمنتان مصادر الفحم الرئيسية لمحطات القوى في جاوه. وهذه المناجم قريبة إلى الساحل بدرجة أكبر من مناجم سومطرة ولذلك فإن تكاليف النقل أقل كثيراً.

٣ – ٢ . الاستخدام المكثف للقوى الحرارية الأرضيـة

أوضحت حسابات حالة الأساس أن التوسع في استخدام القوى الحرارية الأرضية غير اقتصادي، وذلك بصورة رئيسية بسبب ارتفاع تكلفة البخار.

وفى حالة استخدام القوى الحرارية الأرضية لأسباب غير اقتصادية، فإن ذلك سيسفر عن زيادة قدرها نحو ٢٪ في إجمالي تكاليف برنامج التوسع في إنتاج الطاقة.

وفى هذه الحالة، ووفقاً لخطة هيئة PLN. يفترض إقامة إجمالي قدرة كهربية يبلغ ٦٦٠ ميغاوات (في سلاك، ودراجات، وديبنغ) حتى عام ١٩٩٤، يتم تشغيلها خلال ما لا يقل عن ٧٠٠٠ ساعة تحميل كامل كل سنة.

٣ – ٣. حالـــة الطلب المنخفض

أوضحت نتائج سيناريو الطلب المنخفض على الكهرباء، الذي يقل بنحو ١٪ عن سيناريو حالة الأساس، الاتجاهات الرئيسية ذاتها التي تظهرها حالة الأساس. وتستأثر محطات القوى التي توقد بالفحم والمحطات المائية القسم الأكبر من إنتاج الكهرباء في المستقبل، بينما تسهم محطات القوى التي توقد بالزيت ومحطات الديزل للمحافظة على الاحتياطي فقط. ومرة أخرى، فإن تجبر محطات القوى الحرارية الأرضية القائمة على العمل.

وبالمقارنة مع حالة الأساس، لا يلزم في سومطرة سوى توسع ضئيل في خطوط نقل الكهرباء. ويتزامن وقت التركيب الاقتصادى لخط النقل سومطرة – جاوه مع الوضع في حالة الأساس، لكن الإضافة إلى القدرة تحدث بأسلوب معتدل بدرجة أكبر مع بلوغ قدرة قصوى قدرها ٣٠٠٠ ميغاوات في عام ٢٠٠٤.

٣ – ٤. حالـــة الطلب المرتفع

إذا كان معدل النمو السنوي في حجم الطلب على الكهرباء يزيد بنسبة ١ بالمئة على معدل سيناريو حالة الأساس، فإنه ينبغي تطبيق القوى النووية إبتدأ من عام ١٩٩٤، على أن يكون نصيبها أعلى من ٣٣٪ تقريباً من إجمالي إنتاج الكهرباء في عام ٢٠٠٤. وفى تلك السنة، ينبغي أن تسهم محطات القوى التي توقد بالفحم بمقدار ٥٤٪ . وينبغي أن تولد بقية الكهرباء في محطات القوى المائية وتستكمل بالتوربينات الغازية والإنتاج الحراري الأرضي.

ولن يكون التوسع في شبكة الكهرباء، وبخاصة توصيل المناطق في سومطرة، اقتصادياً قبل عام ٢٠٠٤. وينطبق هذا أيضاً على نقل التيار المباشر بين سومطرة وجاوه.

وينبغي أن يستخدم فحم كاليمنتان بصورة رئيسية في غرب جاوه، مما سيسبب حتماً مشكلات بيئية في هذه المنطقة كثيفة السكان. ويجب أن يكون تعدين فحم جنوب سومطرة معتدلاً في البداية وأن يزيد إلى ١٠ ملايين طن في عام ٢٠٠٤ للاستخدام في جنوب سومطرة مع شحن كمية قليلة إلى غرب جاوه.

٣ – ٥. حالــــة : سعر الخصم ٨٪

يساعد انخفاض سعر الخصم إقامة تكنولوجيات كثيفة الاستخدام لرأس المال، مما يؤدي إلى إقامة سبع محطات للقوى النووية قدرة كل منها ١٠٠٠ ميغاوات حتى عام ٢٠٠٤، بدءاً بـ ٤ محطات في عام ١٩٩٤. وبالتالي، ينخفض التوسع المقترح في محطات القوى التي توقد بالفحم.

كما إنه ينبغي أن يخفض التوسع في محطات الفحم في جنوب سومطرة، مما يترتب عليه انخفاض تدفقات الطاقة من سومطرة إلى جاوه.

ونظراً لارتفاع نسبة القوى النووية في توليد الكهرباء، فإن حصص تعدين الفحم تكون أدنى الحصص بين مختلف السيناريوهات.

٣ – ٦. حالــــة : ارتفاع تكلفة الكابل البحري

إن زيادة تكلفة تركيب مرافق نقل التيار المباشر عالي الفلطية بين سومطرة وغرب جاوه أكد أن ربط هاتين الجزيرتين اقتصادي.

٣ – ٧. حالــــة : انخفاض سعر النفط

بالنظر إلى الهبوط الأخير في أسعار النفط، فقد درس أثر ذلك في أكثر الأساليب اقتصاداً للتوسع في محطات القوى. وقد وجد أن انخفاض أسعار النفط وأنواع الوقود المتصلة بالنفط مثل طاقة الغاز والطاقة الحرارية الأرضية بنسبة ٢٥٪، تكون له الآثار التالية :

- ينبغي زيادة قدرات التوربينات الغازية زيادة حادة ابتدأ من ١٩٩٠.
- ينبغي تخفيض إجمالي الإضافة إلى قدرة محطات القوى التي توقد بالفحم بالمقارنة مع حالة الأساس.
- أصبح الربط بين سومطرة وجاوه غير اقتصادي.
- يلزم، إلى جانب فحم كاليمنتان، توريد كمية كبيرة من الفحم من جنوب سومطرة أيضاً لإمداد جاوه.

٣ – ٨ حالـــة : الاستخدام الجبري لمحطات القوى التي توقد بالنفط

بالمقارنة مع حالة الأساس، لا يؤثر الاستخدام الجبري لمحطات القوى الحالية التي تدار بالنفط بعامل قدرة لا يقل عن ٢٥٪ إلا في البرامج الإقليمية لإقامة محطات القوى التي تدار بالفحم والتوربينات الغازية.

وتجميد القدرات المنشأة تبعاً للاقاليم يسفر عن القيم ذاتها تقريباً في هذا السيناريو أو ذاك. وتحل الكهرباء المنتجة من محطات القوى التي توقد بالنفط والكهرباء المنتجة من التوربينات الغازية ومحطات القوى التي تدار بالفحم. ويماثل التوسع في خطوط نقل الكهرباء بين سومطرة وجاوه النمط المتبع في حالة الأساس.

٤. خاتمـــــة

أجريت، بالاستعانة بنموذج للبرمجة الخطية لبلوغ الوضع الأمثل، دراسة للتوسع طويل الأجل في إنتاج الكهرباء لإمداد جزر أندونيسيا الرئيسية.

وتمثل نتائج الدراسة أفضل استراتيجية للتوسع من الناحية الاقتصادية فيما يتصل بالافتراضات المحددة. ولم تؤخذ في الحسبان اعتبارات تقنية معينة منها سلوك الحمل الجزئي للوحدات الكبيرة. وتم التوصل إلى النتائج التالية :

- يوصى بالتوسع المكثف في محطات القوى التي تدار بالفحم بصورة مستقلة في إطار البارامترات المتغيرة.
- إن قدرة النقل القائمة في جاوه التي تبلغ ٥٠٠ كيلو فولت كافية حتى عام ٢٠٠٤ بصورة مستقلة عن البارامترات المتغيرة.
- يوصى باقامة خط نقل للتيار المباشر عالي الفلطية يصل سومطرة وجاوه مع زيادة قدرته ابتداء من عام ١٩٩٤.
- وجد أن مدّ كابل بحري عالي الفلطية يصل كاليمنتان وجاوه باهظ التكلفة ولذلك لا يوصى به.
- يوصى بتوصيل الشبكة الكهربية من الجنوب إلى الشمال في سومطرة تدريجياً حتى عام ٢٠٠٤.
- لا يوصى باستخدام الطاقة الحرارية الأرضية من وجهة النظر الاقتصادية.
- لا يوصى بالتوسع في التوربينات الغازية والدورات المجمعة (فى ظل أسعار الغاز والنفط المفترضة) إلا لغرض المحافظة على الاحتياطيات.
- يمكن أن تلعب التوربينات الغازية والدورات المجمعة دوراً هاماً، وبخاصة في جاوه، إذا توفر غاز رخيص من الآبار البحرية (محطة قوى بحرية للدورات المجمعة).
- ينبغي ألا تستخدم محطات القوى التي تدار بالديزل إلا للمحافظة على الاحتياطي، شريطة وجود شبكة كهربائية متطورة.

- يوصى بانشاء محطات للقوى النووية بحلول عام ٢٠٠٤ أو قبل ذلك التاريخ، إذا زادت أسعار الفحم بمعدل أسرع من المعدلات المفترضة أو إذا لم يكن بالإمكان تلبية الطلب اللازم على الفحم.
- أن مستويات إنتاج الفحم المفترضة عالية جداً، ويلزم مواصلة دراسة هذا الموضوع (مسألة التمويل).
- وجد أن فحم كاليمنتان أرخص للاستعمال في جاوه بالمقارنة مع فحم سومطرة.
- يتطلب الاستعمال المكثف للفحم في جاوه ذات الكثافة السكانية العالية تدابير بيئية (إزالة الكبريت من غاز المداخن، تدابير دينوكس (DENOX) لم تؤخذ في الاعتبار في هذه الدراسة.

وتعكس الدراسات الوضع في المستقبل في مجال الطاقة الكهربية إبتداء من وجهة النظر الحالية فقط. ولابد من إجراء استعراض مستمر لتخطيط الطاقة لدى حدوث أي تغيرات هامة في البارامترات المؤثرة.

٥. المراجــــع

5. References

/1/ Kraftwerk Union AG
Perusahaan Umum Listrik Negara
Siemens AG
Energy Transport from Sumatra and Kalimantan to Java, Siting of Coal Power Plants, July 1986

/2/ F. Rohde: Energy Model ECOT, Aachen 1984

تخطيط الطاقـة النوويــة في البرازيل

ر.ن. ألفيس، أ. ونشتاين، هـ. أ. فيريرا،
ج. أ. ل. سلفاتور، ل. س. دي فريتاس

(البرازيل)

أوضحت الدروس التي تعلمتها البرازيل من أزمة الطاقة التي حدثت في السبعينات أنه ينبغي أن يعتمد برنامج الطاقة الوطني على الاكتفاء الذاتي في مجال الطاقة وعلى الاستقلال التكنولوجي. من هنا سوف نقتصر هنا على دراسة المصادر المائية والنووية والفحم.

وفي هذا الصدد، يقوم الإمداد بالطاقة الكهربية على إمكانات الكهرباء المولدة في المحطات المائية والتي تقدر بـ ٢١٣ ٠٠٠ ميغاوات. ويستخدم من هذه الإمكانات في الوقت الحاضر ٣٦ ٠٠٠ ميغاوات كهربائي، ويجري إنشاء محطات يبلغ إجمالي قدرتها على ١١ ٠٠٠ ميغاوات كهربائي. ويقع نحو ٥٠ ٠٠٠ ميغاوات من إجمالي الإمكانات المائية في منطقة الأمازون وهي على بعد ١٥٠٠ إلى ٢٠٠٠ كيلو متر من المنطقة الجنوبية التي يوجد فيها أعلى طلب على الطاقة.

ومعظم ترسبات الفحم القابلة للاستخدام بطريقة اقتصادية المعروف أنها موجودة في البرازيل هي من النوع البخاري وهي موجودة في المنطقة الجنوبية . ويقتصر إسهامها في الإمداد بالكهرباء على المستوى الإقليمي.

وقد زادت كمية احتياطيات اليورانيوم البرازيلي بشدة بسبب برنامج بحوث واستكشاف الخام المكثفة الذي نفذ في أواخر السبعينات. وقد قيست أو قدرت أو استكشفت في الوقت الحاضر احتياطيات تبلغ ٣١٥ ٠٠٠ طن من أكسيد اليورانيوم يو ٣ أ٨.

وقد سمحت هذه الامكانيات للبرازيل بالنظر في الطاقة النووية كبديل، وباعتماد استراتيجية تتضمن احتياز التكنولوجيا النووية. وتستند الاستراتيجية المعتمدة إلى المعايير التالية :

- تعيين احتياطيات اليورانيوم بكميات تفي بالاحتياجات الوطنية في المستقبل؛
- إنشاء صناعة لدورة الوقود الكاملة؛
- زيادة وتأمين مشاركة الصناعات البرازيلية وشركات الهندسة المعمارية البرازيلية؛
- توفير الوسائل لنقل التكنولوجيا النووية على نحو كامل، بما في ذلك هندسة وإنشاء محطات القوى النووية،

وتصميم وصناعة المكونات الثقيلة، وتكنولوجيا دورة الوقود.

وانطلاقاً من هذه الأهداف، وقع اتفاق مع جمهورية ألمانيا الاتحادية في عام ١٩٧٤، تقدم بموجبه شركات ومؤسسات جمهورية ألمانيا الاتحادية المعدات والمعلومات التي يتطلبها البرنامج البرازيلي للقوى النووية.

وكان الهدف من البرنامج هو تحقيق مشاركة وطنية تبلغ ٨٥٪ بحلول موعد إقامة آخر وحدتين من مجموعة من ثماني محطات للقوى النووية قدرة كل منها ١٢٤٥ ميغاوات كهربائي. وبحلول ذلك التاريخ، ينبغي أن تبلغ نسبة المشاركة البرازيلية في المكونات الرئيسية للتكلفة على النحو التالي : الأعمال المدنية (١٠٠٪)، المعدات (٧٠٪)، الهندسة (١٠٠٪)، التشييد (٩٥٪).

وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي أن تكون أنشطة دورة الوقود النووي، بما فيها التخصيب بأسلوب الفوهة النفاثة وإعادة التجهيز. قد تطورت في البلد. وفي أواخر السبعينات، دفع الوضع الاقتصادي والمالي للبرازيل حكومتها إلى تغيير البرنامج المقرر من قبل. وبالتالي، أنشئت لجنة من ممثلين بارزين لمختلف فروع المجتمع لتقييم أساس البرنامج النووي البرازيلي. وفي مطلع عام ١٩٨٦، وضع تقرير نهائي أتاح للحكومة من جملة أمور تعيين المبادئ التوجيهية التالية :

إعادة تعيين أبعاد البرنامج النووي البرازيلي على نحو مناسب، بالنظر إلى الدور الهام استراتيجياً الذي ينبغي أن يؤديه الاتقان الكامل والمستقل للتكنولوجيا النووية، من أجل تلبية الطلب على الطاقة الكهربية وتوسيع الفوائد المتعددة للتكنولوجيا النووية في مجالات الطب والزراعة والصناعة في البرازيل.

سيقوم مخطط البرنامج على توازن دقيق بين الاحتياجات من إمدادات الطاقة، والتكاليف المقارنة للطاقة المستمدة من مختلف المصادر، والحاجة الملحة إلى اتقان التكنولوجيا النووية وهي أمر حتمي إذا أريد للبرازيل أن تلبي احتياجات الأمة في الأجلين المتوسط والطويل.

مواصلة التعاون في استخدام الطاقة النووية في الأغراض السلمية مع جمهورية ألمانيا الاتحادية، بما في ذلك الآثار المالية المترتبة على ذلك، مع مرعاة التعديلات التي قد تنشأ من مخطط التنفيذ الجديد واحتمال إعادة تنظيم البرنامج النووي البرازيلي.

وفي الوقت نفسه، دفعت الاحتياجات الوطنية في مجالات الصحة والزراعة والصناعة، الحكومة إلى وضع برنامج لتلبية هذه الاحتياجات.

(أ) إنتــاج الطاقــة النوويـــة

تلقت محطة القوى النووية أنغرا -١، وقدوتها ٦٢٦ ميغاوات كهربائي، وتعمل بمفاعل وستنغهاوس يبرد بالماء المضغوط، ترخيص التشغيل التجاري في ١٧ كانون الثاني/يناير ١٩٨٥. وبدأت أول عملية تغذية جديدة بالوقود في كانون الثاني/يناير ١٩٨٦ في الوقت نفسه الذي بدلت فيه أنابيب المكثف.

ويجري حالياً إنشاء محطة القوى النووية أنغرا -٢، وقدرتها ١٢٥٠ ميغاوات كهربائي، وتعمل بمفاعل وستنغهاوس يبرد بالماء المضغوط. وقد تم وضع الأساسات في أيلول/سبتمبر ١٩٨١، ويجري إنشاء مختلف المباني. ومن المقرر أن يبدأ تشغيل المحطة في عام ١٩٩٢.

وقد أعد موقع محطة القوى النووية التي أعطيت إسم أنغرا -٣ لوضع الأساسات. ويخزن معظم المعدات النووية التي صنعت بالفعل في مستودعات نيوكليب (NUCLEP). ومن المتوخى تشغيل هذه المحطة في عام ١٩٩٥.

ومع التطلع إلي المستقبل، ووجود احتياطيات وافرة من اليورانيوم، ومتى استوعبنا وأتقنا كل تكنولوجيات إنتاج القوى النووية، سوف لا يتوقف بناء محطات جديدة إلا على احتياجاتنا من الطاقة وعلى الموارد المالية المتاحة.

(ب) الجوانب التقنيــة والاقتصادية والماليـــة

إن الجوانب متعددة التخصصات التي تشترك في تنفيذ البرنامج النووي تجلب الفوائد وتؤدي إلي تنمية مجالات مختلفة وبصورة رئيسية الجوانب المتعلقة بضمان الجودة. ويصعب عمل تقدير كمي لمجموع المكاسب التكنولوجية، وبخاصة عندما يستهدف البرنامج تحقيق الاستقلال الذاتي للبلد.

ولا يمكن تعزيز هذه المكاسب التكنولوجية إلا من خلال استمرارية البرنامج. وتمثل الحالة الاقتصادية والمالية للبلدان النامية المعوق الرئيسي الذي يعترض سبيل بلوغ هذا الهدف.

وأخيراً، فإنه ينبغي للتعاون الدولي الفعال أن :

- يزيل التمييز على جميع المستويات؛
- يقلل الصعوبات التي تعترض التوصل إلى اتفاق مؤسسات الائتمان على تمويل مشاريع القوى النووية؛
- توفير التمويل الكافي للمراحل الأولى لتنمية البلدان.

برنامج القوى النووية في مصر

(مصر)

١) مقدمة

الغرض من هذه الورقة تقديم معلومات عن مختلف الأنشطة والدراسات المتصلة بمباشرة وتنمية برنامج القوى النووية في مصر وبوضعها الراهن.

لقد بدأ تقييم دور القوى النووية في تلبية الاحتياجات المتزايدة إلى الطاقة الكهربائية في مصر في المستقبل، واستخدام محطات القوى النووية في أوائل الستينات في إطار التخطيط العام لمواجهة الطلب في المستقبل على الكهرباء. وتطلّب حجم الطلب على الكهرباء لتلبية احتياجات برامج التنمية السريعة المكثفة في القطاعات الصناعية والزراعية وكذلك البلدية تكثيف توليد الكهرباء باستخدام جميع مصادر الطاقة الممكنة بما فيها القوى النووية. وبالتالي، فإنه منذ عام ١٩٦٣، استمر تقييم ودراسة الموارد المتاحة في ضوء السوق الدولية وتطور الموارد والاحتياجات المحلية.

٢) تخطيط الطاقة ودراسات الجدوى

أجريت أثناء تقييم برنامج القوى النووية مجموعة من دراسات التخطيط والجدوى. واتجهت الدراسات بصورة رئيسية إلى فحص امكانيات دمج محطات القوى النووية في شبكة موحدة، وتعيين حجم ومدى وتوقيت برنامج القوى النووية. وقتم بهذه الدراسات خبراء مصريون من هيئة الكهرباء، وهيئة الطاقة الذرية بالتعاون مع شركات أجنبية للاستشارات الهندسية والوكالة الدولية للطاقة الذرية. وأثبتت دراسة أجريت في عام ١٩٦٣ بالتعاون مع شركة كنيدى ودونكين للاستشارات الهندسية الجدوى التقنية والاقتصادية لإنشاء محطة للقوى النووية بقدرة ١٥٠ ميغاوات كهربائي، وهو حجم يتفق مع حجم الشبكة آنذاك. وبالتالي، ففي عام ١٩٦٤، صدرت مواصفات مفصلة وبيانات عن الموقع المختار وطرحت في مناقصة دولية لإنشاء محطة للقوى النووية بقدرة ١٥٠ ميغاوات كهربائي، فتحت لجميع نظم المفاعلات التي أثبتت كفاءتها. غير أنه بسبب الوضع الذي كان سائداً في الشرق الأوسط نتيجة لحرب عام ١٩٦٧، لم يتحقق هذا المشروع. ومن ثم أجري في عام ١٩٧١ استعراض لوضع القوى الكهربائية في مصر اتضح منه أنه يمكن دمج محطات للقوى النووية بقدرة تتراوح بين ٤٠٠ - ٦٠٠ ميغاوات كهربائي في شبكة الكهرباء الموحدة في بداية الثمانينات. وأظهرت دراسات الجدوى التقنية والاقتصادية الحاجة إلى محطة نووية قدرتها ٦٠٠ ميغاوات كهربائي يبدأ تشغيلها بحلول عام ١٩٨٣ كما أثبتت هذه الدراسات قدرة

مثل هذه المحطة على المنافسة. وتأكدت هذه الاستنتاجات من دراسة استقصائية للسوق عن الطاقة النووية في البلدان النامية أجرتها الوكالة الدولية للطاقة الذرية في عام ١٩٧٣ وتم تحديثها في عام ١٩٧٤. ونتيجة لذلك، بذل مسعى ثان في عام ١٩٧٤ لتقديم عطاءات دولية لمحطة قدرتها ٦٠٠ ميغاوات كهربائي واقتصرت على نظم مفاعلات الماء الخفيف (المضغوط أو الغالي). بيد أنه على الرغم من جدوى العطاءات المتلقاة من الناحيتين التقنية والاقتصادية، فإن هذه المحاولة الثانية لانجاز أول مشروع لبناء محطة للقوى النووية لم تنجح بسبب عدة عوامل تتصل بصورة رئيسية بالعجز عن التمويل، وبمشكلات مراجعة اتفاق التعاون الثنائي مع الولايات المتحدة الأمريكية، وكذلك الآثار التي انعكست على الرأى العام في أعقاب حادث جزيرة ثرى مايل أيلند في عام ١٩٧٩.

وعلى أساس نتائج الدراسات المختلفة التي أجريت والدراسة الاستقصائية للسوق التي أجرتها الوكالة الدولية للطاقة الذرية، قدمت دراسة استعراضية تتضمن الخطط المصرية لبرنامج تنمية القوى النووية في المستقبل إلى مؤتمر القوى النووية ودورة الوقود، الذي عقد في سالزبورغ عام ١٩٧٧. وفي عام ١٩٧٨، أجريت دراسة مصرية أمريكية مشتركة لتقييم الطاقة تناولت مختلف موارد الطاقة في مصر حتى عام ٢٠٠٠. وأوضحت نتائج تلك الدراسة، التي نشرت في التقرير النهائي في شهر تشرين الثاني/ نوفمبر ١٩٧٨، أن المحطات النووية هي بديل منافس قوي لتلبية احتياجات المستقبل لتوليد الكهرباء. ودرس حجم ومدى البرنامج النووي حتى عام ٢٠٠٠ على أساس مختلف استراتيجيات تغير القدرة النووية.

٣) مبررات برنــامج القوى النوويــة وصيافتــه

طبقاً لنتائج مختلف الدراسات والتقارير، حددت مبررات وصياغة برنامج القوى النووية على أساس الاعتبارات الرئيسية التالية. أولاً، فيما يتعلق بوضع الطاقة، يمكن إيجاز النتائج الرئيسية فيما يلي :

أ) يستغل بالفعل نحو ٨٠٪ من امكانيات الموارد الكهربائية المائية في محطتي خزان أسوان والسد العالي. وفي حالة الاستغلال الكامل لبقية امكانيات التوليد المائية، فإن إجمالي الطاقة المائية بحلول عام ٢٠٠٠ سيصل إلى نحو ١٥,٨ مليار كيلو وات ساعة، وهو ما لا يغطي سوى نحو ١٥٪ من استهلاك الطاقة المتوقع في ذلك الوقت.

ب) ترسبات الفحم المحلية محدودة، وتتراوح التقديرات الحالية للترسبات في سيناء بين ٣٠ و٥٠ مليون طن، وهو مقدار ضئيل جداً بالنسبة لمقدار توليد الكهرباء المطلوب. لذلك يلزم الاعتماد على الفحم المستورد لتنويع مصادر الإمداد.

جـ) موارد النفط تستنفد، ولا يمكن أخذها في الاعتبار للاستخدام الواسع النطاق لمواجهة الزيادة في حجم الطلب على الكهرباء، وإلا فإن ذلك سيكون على حساب ما يمكن تصديره للحصول على العملة الصعبة

اللازمة لخطط التنمية.

د) إن الاستخدام الكامل للغاز الطبيعي غير المرافق والمرافق سيزيد من إسهامه في تلبية متطلبات الطاقة بما لا يزيد على نحو ١٣٪ بحلول عام ٢٠٠٠.

هـ) ليست هناك موارد حرارية أرضية بأي قدر ملموس، بينما يتوقع أن تلعب الطاقة الشمسية وغيرها من موارد الطاقة المتجددة دوراً ضئيلاً في المستقبل المنظور.

وفي ضوء هذه الاعتبارات المتعلقة بالطاقة، وعلى أساس مختلف الدراسات والتقييم التقني والاقتصادي المفصل، تمت صياغة دور القوى النووية في مصر حتى عام ٢٠٠٠ وفقاً للخطوط الرئيسية التالية :

١) في ظل تقديرات مستوى استهلاك الكهرباء بحلول عام ٢٠٠٠، والذي يقدر بـ ٩٠ - ١٠٠ مليار كيلووات ساعة، ومع استبعاد النظر في استخدام الفحم المستورد على نطاق واسع، فإن التبادل الرئيسي بين أنواع الوقود المتاحة هو بين النظم التي تعتمد على النفط والنظم التي تعتمد على اليورانيوم.

٢) في ظل المستوى الحالي لإنتاج النفط، والشكوك التي تحيط بأسعار النفط في المستقبل، تعتبر محطات القوى النووية بديل قادر على المنافسة لتغطية قدر كبير من الاحتياجات الطاقية في المستقبل.

٣) يتوقف حجم ونطاق البرنامج النووي على دراسات الوضع الأمثل لتوليفات الطاقة بهدف زيادة نصيب القوى النووية إلى أبعد حد ممكن عملياً.

وعلاوة على الاعتبارات الطاقية والمبررات الاقتصادية والتقنية لاستخدام الطاقة النووية وتحقيق زيادة تدريجية في نصيبها ضمن توليفات الطاقة في المستقبل، توجد اعتبارات عديدة أخرى تدعم هذا الاستنتاج من بينها ما يلي :

أ) توفير موارد النفط للاستخدامات الصناعية و/أو استخدام عائدات تصديرها لتمويل خطط التنمية الاقتصادية والاجتماعية.

ب) تقليل والحد من تلوث البيئة الناجم من محطات القوى التي توقد بالفحم والزيت

جـ) تطبيق تكنولوجيا جديدة تمثل، وفقاً للعطاءات الدولية، مصادر الطاقة في المستقبل، وتغطي في الوقت الحاضر أكثر من ١٥٪ من احتياجات الكهرباء العالمية وما يصل إلى ٧٠٪ من هذه الاحتياجات في بعض البلدان.

د) تنمية قدرات البنية الأساسية الصناعية والانشائية المحلية في تكنولوجيا محطات القوى النووية المتقدمة.

هـ) استخدام إمكانات موارد اليورانيوم المحلية عند إتاحتها وتنميتها بالكامل.

و) تجنب المصاعب المرتبطة بقدرات التخزين الهائلة اللازمة في حالة الاعتماد على المحطات التي توقد بالفحم على نطاق كبير.

٤) خطوات أخرى لتطوير برنـــامج القـوى النوويـة

بعد فشل المحاولة الثانية لإنجاز مشروع للقوى النووية؛ قامت هيئة محطات القوى النووية، وهي منظمة أنشئت في إطار وزارة الكهرباء والطاقة، عهدت إليها مهمة تطوير برنامج القوى النووية وإنشاء محطات القوى النووية، بجهود كبيرة خلال العامين ١٩٧٩ و ١٩٨٠ لكسب الدعم والقوة الدافعة لتطوير برنامج القوى النووية من جديد. وتم التشديد على خطوات تنفيذ أول مشروع لإنشاء محطة للقوى النووية في ضوء الزيادة الكبيرة في أسعار النفط خلال الثمانينات، مما أعطى ميزة اقتصادية كبيرة للمحطات النووية بالنسبة للمحطات التي توقد بالنفط. واستند النهج الجديد لمواجهة مختلف التحديات والتغلب على أي عوائق في سبيل المضي قدماً نحو بدء تنفيذ المشروع النووي، إلى إجراءات واستراتيجيات أساسية عديدة على المستويين الدولي والوطني.

ولتعجيل خطوات تنفيذ البرنامج النووي اتخذت الإجراءات الرئيسية التالية على المستوى الدولي :

أ) وفقاً للسياسة المصرية المعلنة مراراً لتنمية الطاقة النووية للأغراض السلمية، ودعمها الكامل بنظام عدم الانتشار ولقرارات الأمم المتحدة الداعية إلى إنشاء منطقة مجردة من الأسلحة النووية في الشرق الأوسط، قررت الحكومة التصديق على اتفاقية عدم الانتشار في شباط/فبراير ١٩٨١. بالإضافة إلى المكاسب الأخرى المتوقع الحصول عليها وفقاً للمادة ٤ من المعاهدة بموجب هذا القرار.

ب) عقد اتفاق الضمانات مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية وفقاً لأحكام اتفاقية عدم الانتشار.

جـ) تنويع مصادر تأمين إمدادات يعول عليها من المعدات النووية، والوقود والمواد النووية، ونقل التكنولوجيا. ولهذا الغرض، عقدت عدة اتفاقات تعاون ثنائية مع عدد من البلدان الموردة المتقدمة وهي الولايات المتحدة الأمريكية، وفرنسا، وجمهورية ألمانيا الاتحادية، وكندا، وبلجيكا، وسويسرا.

وأبرمت مذكرات تفاهم أيضاً مع المملكة المتحدة والسويد وإيطاليا. ويؤمل أن يوقع قريباً اتفاق لنقل الوقود والمواد النووية مع النيجر، وكذلك اتفاق يجري التفاوض بشأنه مع استراليا.

د) تكثيف التعاون مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية، من خلال برنامجها للتعاون التقني والمشاركة النشطة في دورات التدريب في مجالات القوى النووية، ودورة الوقود، والسلامة، وضمان الجودة.

هـ) المشاركة النشطة في أعمال لجنة تأمين الإمدادات، من أجل التوصل إلى اتفاقات لتأمين إمدادات ثابتة

ومضمونة من الوقود والمواد والمعدات والتكنولوجيا النووية.

وبالإضافة إلى هذه التدابير الدولية، اتخذت عدة إجراءات أخرى على المستوى المحلي، الهدف منها التغلب على القيود المتوقعة المختلفة، وتتضمن هذه الإجراءات ما يلي :

١) إنشاء مركز تنظيمي في إطار هيئة الطاقة الذرية مستقل عن هيئة محطات القوى النووية وهي المنظمة التنفيذية للمحطات.

٢) توسيع قدرات اليد العاملة في جميع المجالات المتصلة بإنشاء محطات القوى النووية وتشغيلها وصيانتها وسلامتها من خلال برامج التدريب المكثف للعاملين، سواء في الخارج أو محلياً، وذلك بمساعدة الدول المصدرة وعن طريق الوكالة الدولية للطاقة الذرية. وبالإضافة إلى ذلك، أدرجت مقررات خاصة في مناهج الدراسة الجامعية والمعاهد الفنية العالية والمعاهد المتخصصة. وينظر كذلك في إنشاء مركز متخصص للتدريب في مجال المفاعلات يجهز بأجهزة المحاكاة اللازمة وبالمعدات المتقدمة.

٣) تطوير البنية الأساسية للاشتراك المحلي. ونظراً للامكانيات المتواضعة نسبياً للبنية الصناعية الأساسية، فإنه من المسلم به أن المشاركة المحلية ستتم على مراحل وتدريجياً مع تطور البرنامج النووي.

٤) تأمين التقبل العام للبرنامج، عن طريق البرامج الإعلامية لتثقيف الجمهور عن حقائق الطاقة النووية والإشعاع وكذلك عن الميزات الاقتصادية لمحطات القوى النووية وتدابير السلامة المطبقة فيها.

٥) بالإضافة إلى غطاء تمويل المشروع المطلوب تقديمه من البلدان المصدرة مع العطاءات المقدمة من الشركات المنتجة، اتخذت الحكومة المصرية خطوة هامة في سبيل الإسهام في تمويل المشاريع النووية. فقد اتخذ قرار بتخصيص نسبة من عائدات النفط لتغطية جزء من العنصر الأجنبي في تكاليف المشاريع النووية. وبالتالي، أنشئ صندوق خاص بمقتضى القانون ٤٥ لعام ١٩٨١ يوجد فيه الآن بالفعل أكثر من ٨٠٠ مليون دولار أمريكي. ويضاف هذا الإسهام إلى الالتزامات المالية الأخرى المتعلقة بالعنصر المحلي من التكاليف.

٦) تعزيز ودعم أنشطة البحث والتطوير التي تقوم بها هيئة الطاقة الذرية.

٥) الوضع الراهن لبرنـــامج القوى النوويـة

بناء على نتائج دراسات تحقيق الوضع الأمثل للخيارات البديلة وتوليفات الطاقة لتوليد الكهرباء في المستقبل، تمت صياغة برنامج للقوى النووية يرمي إلى زيادة إسهام الطاقة النووية في تلبية احتياجات الكهرباء بحلول عام ٢٠٠٠. وفى إطار هذا البرنامج يتوخى إنشاء محطات للقوى النووية يبدأ تشغيل المحطة الأولى منها في أوائل التسعينات. ووفقاً لدراسة الجدوى التي نفذت بالتعاون مع الشركة الاستشارية السويسرية "موتور-كولمبوس"، أعدت المواصفات، وصدر طلب العطاءات الدولية في شهر آذار/مارس ١٩٨٣ لإقامة محطة قوى نووية تضم وحدة أو وحدتين قدرة كل منها ١٠٠٠ ميغاوات كهربائي تعمل بمفاعل الماء المضغوط.. ويقع الموقع الذي اختير للمشروع بمنطقة الضبعة على ساحل البحر المتوسط على بعد ١٥٠ كم تقريباً غرب مدينة الاسكندرية. ووردت عطاءات للمشروع من عدة مؤسسات دولية في شهر تشرين الثاني/نوفمبر ١٩٨٣. وقد درست هذه العطاءات بالتفصيل على أساس التقييم التقني والاقتصادي والمالي. ويتوقع أن يتخذ قريباً قرار للبت النهائي واختيار أنسب عطاء. بعد أن تأخر هذا القرار بسبب الآثار التي ترتبت على حادث تشرنوبيل.

تمويـــــل مشــاريع القـــوى النوويـــة، معوق رئيسي في البلدان الناميـة

(مصر)

من المسلم به بكل الوسائل أن القوى النووية هي مصدر اقتصادي ونظيف للطاقة الكهربائية بالمقارنة مع مصادر الطاقة التقليدية الأخرى. ولها أيضاً سجل مدهش للسلامة. وحتى بعد حادث تشرنوبيل المؤسف، فإن المخاطر المرتبطة باستخدام القوى النووية لا تزال أقل كثيراً من المخاطر المرتبطة بالتكنولوجيات الأخرى.

ويستخدم ٢٦ بلداً في الوقت الحاضر توليد القوى النووية لتغطية أجزاء محسوسة من احتياجاتها من الكهرباء. غير أن التركيز الكبير لمحطات القوى النووية يوجد غالباً في البلدان الصناعية المتقدمة، وبخاصة الولايات المتحدة، والاتحاد السوفياتي، وفرنسا، والمملكة المتحدة، واليابان، وجمهورية ألمانيا الاتحادية وكندا. وعدد البلدان النامية التي تملك برامج ناجحة للقوى النووية محدود بدرجة كبيرة. وبدأت بعض هذه البلدان في تنفيذ برامج نووية، لكنها عانت أثناء التنفيذ مصاعب أدت إلى إبطاء الوصول إلى أهدافها الأصلية. والبعض الآخر من هذه البلدان تحاول الشروع في برامج نووية لكنها تواجه عوائق تمنعها حتى من التحرك بنجاح.

ولمساعدة البلدان النامية في الانتفاع باستخدام القوى النووية، يلزم إيجاد السبل لمساعدتها على التغلب على المشكلات التي تواجهها في تعزيز وتمويل برنامجها النووي. وقبل الاقدام على ذلك، علينا أن نوجه إلى أنفسنا سؤالين محددين :

(١) هل البلدان النامية بحاجة إلى القوى النووية ؟

(٢) هل البلدان الصناعية مهتمة أو راغبة في بيع محطات القوى النووية أو نقل التكنولوجيا النووية إلى البلدان النامية ؟

فإذا كان جواب السؤالين أو أحدهما بالنفي، فإنه لا يكون هناك معنى لتضييع الوقت في بحث هذه المسألة. أما إذا كان جواب السؤالين بالإيجاب، فإنه يمكن للبلدان النامية والصناعية أن تجد الوسائل والحلول العملية التي من شأنها مساعدة البلدان النامية في سعيها نحو استخدام القوى النووية. ويمكن أن يكون هذا المؤتمر أساساً مناسباً للإسهام في بلوغ ذلك الهدف.

وللإجابة عن السؤال الأول، علينا أن ندرس الوضع الطاقي العالمي عموماً، وفي البلدان النامية بوجه خاص.

إن حجم الطلب العالمي على الطاقة في زيادة مستمرة، مع ارتفاع المعدلات في البلدان النامية عنها في البلدان الصناعية المتقدمة. والطلب على الطاقة الكهربية يظهر اتجاهات مماثلة. وتدل تقديرات إجمالي الاستهلاك العالمي للطاقة، واستهلاك الطاقة الكهربية على إنها قد تتضاعف خلال ٢٠ سنة. غير أن زمن التضاعف سيكون أقصر كثيراً في البلدان النامية. وتعزى هذه المعدلات المرتفعة في زيادة حجم الطلب على الكهرباء في البلدان النامية، وبخاصة في البلدان التي تنفذ برامج إنمائية، إلى الأسباب التالية بصورة رئيسية :

(أ) الارتفاع النسبي في معدلات الزيادة السكانية؛

(ب) التنمية الاقتصادية التي تقوم على التصنيع، وغالباً الصناعات كثيفة الاستخدام للطاقة.

(جـ) التنمية الاجتماعية في مجتمع متعطش للطاقة.

وبالنظر إلى موارد الطاقة القابلة للاستمرار في أرجاء العالم، نرى أن موارد الوقود الأحفوري محدودة كما هو معروف. وفي ضوء هذه الحقيقة، يلزم استخدام هذه الموارد بأكفأ أسلوب. وحرق هذا الوقود لتوليد الكهرباء هو بالتأكيد استخدام غير فعال، وأفضل استخدام لأنواع الوقود الأحفوري هو أن تكون مواد أولية في الصناعات الكيميائية لإنتاج المخصبات، والمنتجات الصيدلية، والمواد التخليقية، واللدائن، وكثير غيرها من السلع الأخرى. وبعض المجالات الأخرى لاستخدام الطاقة، كالنقل مثلاً، لا يوجد لها بديل عملي عن الوقود الأحفوري، وذلك على خلاف مجال إنتاج الكهرباء.

وفي الوقت نفسه، ينبغي عدم المغالاة في عقد الآمال على ما يسمى مصادر الطاقة "الجديدة والمتجددة". فتكنولوجيتها لم تصل بعد إلى مستوى التنافس على نطاق واسع مع مصادر الطاقة الأخرى. بل إنه ليس من المرتقب أن تسهم هذه المصادر الجديدة والمتجددة للطاقة بدرجة كبيرة في إجمالي احتياجات الطاقة العالمية بنهاية هذا القرن. والتوقعات أقل في مجال توليد الكهرباء.

وفي حالة عدم توفر القوى المائية كمصدر بديل للكهرباء، يمكن للقوى النووية أن تحل بدرجة كبيرة محل الوقود الأحفوري في إنتاج الكهرباء على نطاق واسع. وهذا يوفر الوقود الإحفوري لاستخدامه في تلبية احتياجات أخرى هامة أو مربحة، إذا كان متوفراً كمورد محلي. والحاجة الملحة بدرجة أكبر هي الحاجة إلى المحافظة على استخدام الوقود الأحفوري إذا لم يكن هذا المورد متوافراً في البلد كمورد محلي، وذلك على أساس الشكوك التي تحيط باستيراد هذه الأنواع من الوقود وباقتصادياتها.

وإذا نظرنا إلى التوزيع المقارن لاستهلاك الطاقة، نرى اختلالاً بين البلدان الصناعية والبلدان النامية. وبينما لا تشكل البلدان الصناعية سوى ربع سكان العالم، فإنها تستهلك نحو ثلاثة أرباع الطاقة العالمية.

ولتقليل الفجوة في استهلاك الطاقة للفرد والفجوة في احتياجات مستوى المعيشة، يلزم توفير كميات كبيرة من الطاقة الكهربية لمشاريع التنمية الاقتصادية والاجتماعية. لذلك، فإن أحد التحديات الرئيسية التي تواجه البلدان النامية في مسيرتها نحو تنفيذ برامجها الانمائية هو تأمين إمدادات كافية يعول عليها من الطاقة الكهربية الرخيصة.

ومن المهم بالطبع استغلال كافة المصادر المتاحة الممكن مادامت تعتبر مجدية من الناحيتين الاقتصادية والتقنية. غير أنه من المهم بالقدر نفسه استغلال جميع التكنولوجيات مادامت قادرة على المنافسة الاقتصادية على أساس طويل الأجل وذلك للتقدم نحو المستقبل عندما تتوقف الموارد المحلية عن تغطية الاحتياجات. وفي هذا الصدد، أثبتت القوى النووية خلال السنوات العديدة الماضية أنها جذابة إلى حد كبير، وبخاصة على أساس "أقل تكلفة للتوليد" إذا قورنت مع أنواع الوقود الأحفوري.

لقد اتضح أن الهبوط الحاد في أسعار النفط في عام ١٩٨٦ أنه حالة مؤقتة. ولا يمكن التنبؤ بهبوط آخر في أسعار النفط إلى مستويات منخفضة بشدة خلال السنوات القديمة نظراً لأن النفط يستنفد بسرعة بالمقارنة مع الإطار الزمني للتخطيط طويل الأجل.

وبالإضافة إلى كل الاعتبارات المذكورة أعلاه، فالطاقة النووية مصدر نظيف بيئياً عند تطبيق التصميمات المقبولة عالمياً والمتطورة على نحو جيد. ولا يمكن حتى في خضم آثار حادث تشرنوبيل إدانة جميع أنواع المفاعلات النووية كمصدر غير مأمون.

ومتى استقر الرأي على أن القوى النووية هي مصدر عملي واقتصادي للطاقة بالمقارنة مع جميع البدائل، فإنه ينبغي للبلد أن تحدد وتقدر جميع العوائق الممكنة التي قد تؤثر في تطبيق القوى النووية. وقد تتضمن هذه القيود تلك التي أشار إليها فريق كبار الخبراء الذي شكلته الوكالة الدولية للطاقة الذرية بناء على مبادرة مصرية "آليات لمساعدة البلدان النامية في تعزيز برامج القوى النووية".

وهناك أربع مجموعات من القيود التي وجدت :

ألف. ١ – أسباب تتعلق بالسياسة طويلة الأجل بشأن القوى النووية
٢ – الالتزام الحكومي.
٣ – التشريع الوطني.
٤ – الهيكل التنظيمي.
٥ – الشبكة الكهربية.
٦ – درجة التقبل.

باء . ١ – توفر القوى العاملة المؤهلة.

٢ – المستوى العام للتنمية التقنية والعلمية.

٣ – الدعم الصناعي.

٤ – نظام ضمان الجودة ونظام مراقبة الجودة

٥ – الجدوى الاقتصادية والبنى الأساسية.

٦ – السياسة طويلة الأجل لدورة الوقود.

٧ – السياسة طويلة الأجل لإدارة النفايات وتصريفها.

جيم . ١ – الاتفاقات الحكومية الدولية.

٢ – ضمانات الإمدادات.

٣ – الترتيبات التعاقدية مع الموردين الأجانب.

٤ – قنوات المساعدة التقنية.

دال . ١ – توفر التمويل.

٢ – شروط التمويل.

والمجموعة الأخيرة، أي التمويل، اعتبرت معوقاً هاماً وحاسماً.

لذلك فإن هذا الأمر يقودنا إلى السؤال الثاني الذي طرح في بداية هذه الورقة، ألا وهو هل البلدان الصناعية مهتمة أو راغبة في بيع محطات القوى النووية ونقل التكنولوجيا النووية إلى البلدان النامية ؟

ويؤمل أن يكون جواب هذا السؤال أيضاً بالإيجاب على أسس عديدة، أهمها ما يلي :

(أ) صيانة أنواع الوقود الأحفوري المتناقصة عن طريق تشجيع البلدان النامية على عدم استخدامها كمصدر للطاقة الكهربية؛

(ب) مساعدة اقتصادات البلدان الصناعية وتقليل حدة مشكلة البطالة عن طريق فتح أسواق جديدة للصناعات النووية بعد تقلص الأسواق في بلدانها بشدة؛

(جـ) أن مساعدة البلدان النامية في إنجاز برامجها في مجال الطاقة الكهربية تساعد في تنمية هذه البلدان وتمكنها من سداد ديونها الضخمة للبلدان الصناعية؛

(د) تقليل امكانيات الانتشار النووي.

وإذا كان ذلك هو الحال، فإنه ينبغي النظر أيضاً إلى المسألة من زاوية مصالح البلدان الصناعية بالمعنى الأوسع وليس من زاوية المصالح الضيقة للصناعات النووية أو مؤسسات التمويل. وبمعنى آخر، فإنه ينبغي للبلدان الصناعية نفسها أن تشترك بصورة إيجابية إلى حد ما في تعزيز القوى النووية في البلدان النامية. والأسلوب المباشر لذلك هو المساعدة في تمويل مشاريع القوى النووية وتحسين المخططات الحالية للتصدير على نحو يستجيب بدرجة أكبر للظروف السائدة في البلدان النامية.

وبالنظر إلى نتائج الندوة المتعلقة بتكاليف وتمويل برامج القوى النووية في البلدان النامية، المعقودة في فيينا من ٩ إلى ١٢ أيلول/سبتمبر ١٩٨٥، يمكن الاطلاع على استعراض جيد للمشكلة وعلى بعض الآليات المقترحة لتحسين الوضع. غير أن هذه الآليات لا تبين بصفة عامة مشاركة إيجابية من جانب البلدان ذاتها. لذلك فإنها تبدو غير كافية للتغلب على قيد التمويل.

وللبحث عن وسائل أخرى لتخفيف مشكلة التمويل بطريقة عملية بدرجة أكبر، يلزم إدراك الظروف الخاصة التي يتسم بها تمويل مشاريع القوى النووية وهي :

(أ) الارتفاع النسبي لمتطلبات الاستثمار؛

(ب) طول مدة الإنشاء؛

(جـ) ارتفاع درجة الشكوك.

وهذه الظروف تجعل متطلبات التمويل عالية جداً. وعلاوة على ذلك، فإن مخططات التمويل الحالية تفاقم المشكلة بسبب زيادة التكاليف الإضافية والفوائد أثناء عملية الإنشاء.

ولتخفيف حدة مشكلة التمويل، ينبغي أن تبذل جميع الأطراف المشتركة في إنجاز برنامج للقوى النووية قصارى جهدها لتقليل الشكوك عن طريق اتباع الطرق السلمية في الإعداد والتخطيط والتعاقد. ومع ذلك، فإن أكثر الوسائل فعالية وإيجابية للتغلب على مشكلة التمويل تأتي من تحسين الشروط الحالية لتوافق منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي. وتتضمن أهم مجالات التحسين ما يلي :

(أ) تخفيض أسعار الفائدة لمشاريع القوى النووية عن طريق إلغاء نسبة الـ ١ بالمائة، المضافة إلى السعر العام لأساس التوافق. وهذه الزيادة الإضافية تضر بشدة مشاريع القوى النووية بالمقارنة مع الأنواع البديلة لمحطات القوى؛

(ب) إطالة فترات السداد عن الحدود الحالية وتوفير فترات سماح أكثر مرونة لمراعاة أي تطور غير مرتقب

في المشاريع.

(جـ) السماح بخلط القروض الميسرة مع ائتمانات التصدير؛ غير أنه ينبغي ألا تكون هذه القروض الميسرة على حساب تخفيض برامج المساعدة الاقتصادية العادية؛

(د) السماح باستخدام منح المساعدة في المشاريع النووية لتغطية متطلبات البنية الأساسية، والتدريب، وربط الشبكة، وغيرها من الخدمات الفرعية.

وبالنظر إلى تعقد مسألة التمويل، يمكن للوكالة الدولية للطاقة الذرية أن يكون لها بالتأكيد دور نشط في مساعدة البلدان النامية عن طريق تعزيز قدراتها للتمكين من القيام بدورها الذي يقضي به نظامها الأساسي (المادة الحادية عشرة – باء)، في حالة طلب أي دولة عضو مساعدتها في اتخاذ الترتيبات اللازمة لتأمين التمويل اللازم لمشاريع القوى النووية.

ويتفق هذا الاقتراح مع الفقرة ٥ من منطوق قرار المؤتمر العام الثامن والعشرين (GC (XXVIII) RES/439)، التي ترجو من المدير العام للوكالة الدولية للطاقة الذرية، وفقاً للمادة المذكورة أعلاه من النظام الأساسي، أن يقدم المساعدة للبلدان النامية، بناء على طلبها، في تأمين تمويل مشاريع القوى النووية في هذه البلدان من مصادر خارجية.